Kırkmerak

Fizik Üzerine Yedi Kısa Ders

CARLO ROVELLI

Çeviri: TOLGA ESMER

can

Çağdaş fizikçi Carlo Rovelli, 20. yüzyıl fizik biliminin temel meselelerine cezbedici bir yolculuk vaat ediyor. Basit anlatımıyla dünyayı büyüleyen, 40'tan fazla dile çevrilen ve yayımlandıktan kısa süre sonra çoksatar listelerinde birinci sıraya yerleşen *Fizik Üzerine Yedi Kısa Ders*, bu alanla haşır neşir olmayan okur için de anlaşılır ve okuması keyifli bir çalışma. Rovelli, fizik alanında gerçekleşen büyük devrimin "en büyüleyici" yönlerini ve ortaya attığı soruları mercek altına alıyor: "Kuramların en güzeli", yani Albert Einstein'ın izafiyet kuramı, modern fiziğin en sarsıcı yönlerine ev sahipliği yapan kuantum mekaniği, içinde yaşadığımız evrenin mimarisi, temel parçacıklar, kuantum çekimi, olasılık ve kara deliklerin ısısı...

"Kuramsal fizik, yaşamımızı yönlendiren tutkular ve duygulardan beslenir," diyen Rovelli, çoğunlukla bize uzak kalmış bir bilimin aslında bizi kuşatan evren kadar yakınımızda olduğunu gösteriyor.

can

9,5 TL
KDV DAHİL

canyayinlari.com twitter.com/canyayinlari facebook.com/canyayinevi

ISBN: 978-975-07-3568-4

9 789750 735684

Sette brevi lezioni di fisica, Carlo Rovelli
© 2014, Adelphi Edizioni S.p.A, Milano
© 2017, Can Sanat Yayınları A.Ş.
Tüm hakları saklıdır. Tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

1. basım: Eylül 2017, İstanbul
Bu kitabın 1. baskısı 5 000 adet yapılmıştır.

Editör: Nükhet Polat

Düzelti: Mert Tokur
Mizanpaj: Atahan Sıralar

Kapak tasarımı: Utku Lomlu / Lom Creative (www.lom.com.tr)

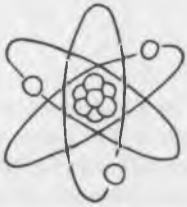
Kapak baskı: Azra Matbaası
Litros Yolu 2. Matbaacılar Sitesi D Blok 3. Kat No: 3-2
Topkapı-Zeytinburnu, İstanbul
Sertifika No: 27857

İç baskı ve cilt: Türkmenler Matbaası
Maltepe Mah. Gümüşsuyu Cad. No: 18, Topkapı, Zeytinburnu/İstanbul
Sertifika No: 12584

ISBN 978-975-07-3568-4

CAN SANAT YAYINLARI
YAPIM VE DAĞITIM TİCARET VE SANAYİ A.Ş.
Hayriye Caddesi No: 2, 34430 Galatasaray, İstanbul
Telefon: (0212) 252 56 75 / 252 59 88 / 252 59 89 Faks: (0212) 252 72 33
canyayinlari.com
yayinevi@canyayinlari.com
Sertifika No: 31730

FİZİK ÜZERİNE YEDİ KISA DERS



Carlo Rovelli

İtalyanca aslından çeviren

Tolga Esmer

can

CARLO ROVELLI, 1956'da Verona'da doğdu. Günümüzün öncü fizik kuramcıları arasında bulunan Rovelli, 1981'de Bologna Üniversitesi Fizik Bölümü'nden mezun oldu, 1986'da Padova Üniversitesi'nde doktora derecesini aldı. Doktora sonrası araştırma sürecinde Imperial College London (1986), Roma La Sapienza Üniversitesi (1987/88), Yale Üniversitesi (1987), Syracuse Üniversitesi (1989) ve Trieste SISSA'da çalışmalar yaptı. 1990-1999 yıllarında Pittsburg Üniversitesi'nde öğretim üyesi, 1999-2000'de profesör olarak görev yaptı. 2000'de Fransa'da Aix-Marseille Üniversitesi'ne geçti. Araştırma alanıyla ilgili seçkin kurumlardan çok sayıda ödüle layık görülen Rovelli, Lee Smolin'le birlikte *loop* (döngüsel) kuantum kütle çekimi kuramını geliştirdi. Çok sayıda akademik yayınının yanı sıra 2011'de *Miletli Anaksimandros Ya Da Bilimsel Düşüncenin Doğuşu*'nu, 2014'te *La realtà non è come ci appare - La struttura elementare delle cose*'yi (Gerçeklik, Göründüğü Gibi Değil – Şeylerin Temel Yapısı) yayımladı. Aynı yıl yayımlanan *Fizik Üzerine Yedi Kısa Ders*, 40 küsur dile çevrildi ve yaklaşık bir milyon okurla buluştu. Son olarak 2017'de *L'ordine del tempo*'yu (Zamanın Düzeni) yayımlayan Rovelli, Aix-Marseille Üniversitesi'nin Fizik Kuramı Merkezi'nde çalışmalarını sürdürmektedir.

http://www.cpt.univ-mrs.fr/~rovelli/

TOLGA ESMER, 1966'da İstanbul'da doğdu. St. Joseph Lisesi'ni bitirdikten sonra bir yıl ABD'de kaldı. Boğaziçi Üniversitesi'nden İnşaat Mühendisliği lisansıyla mezun oldu. Milano'daki Bocconi Üniversitesi'nde Uluslararası Ekonomi ve İşletme yüksek lisansı yaptı. İtalya ve Türkiye'de yönetim danışmanlığı yaptı. Farklı üniversitelerde işletme konularında dersler verdi. Film yapımcılığı yaptı. Predrag Matvejeviç'in *Akdeniz'in Kitabı*'nı (1999), Umberto Eco'nun *Açık Yapıt*'ını (2016) ve Jonathan Wilson'ın *Kirli Yüzlü Melekler/Arjantin Futbol Tarihi*'ni (2017) çevirdi.

İçindekiler

Sunuş 11

Birinci Ders: Kuramların En Güzeli 13

İkinci Ders: Kuanta 21

Üçüncü Ders: Evrenin Mimarisi 27

Dördüncü Ders: Parçacıklar 35

Beşinci Ders: Uzay Tanecikleri 41

Altıncı Ders: Olasılık, Zaman ve Kara Deliklerin Isısı 49

Bitirirken: Biz 59

Dizin 69

Sunuş

Bu dersler modern bilimi tanımayan veya az tanıyanlar için yazıldı. 20. yüzyılda fizikte gerçekleşen büyük devrimin bazı en belirgin ve en büyüleyici yönlerine, özellikle de bu devrimin ortaya attığı sorulara ve gizemlere hızlıca bir göz atmamızı sağlayacaklar. Çünkü bilim, dünyayı nasıl daha iyi anlayacağımızı gösterir ama aynı zamanda bilmediklerimizin ne kadar uçsuz bucaksız olduğunu da ortaya çıkarır.

İlk ders, "kuramların en güzeli", Albert Einstein'ın genel görelilik kuramına ayrılmıştır. İkincisi modern fiziğin en sarsıcı yönlerine ev sahipliği yapan kuantum mekaniğine... Üçüncüsü evrene ayrıldı: içinde yaşadığımız evrenin mimarisine. Dördüncüsü temel parçacıklara... Beşincisi kuantum çekimine: halen yürütülmekte olan, 20. yüzyılın büyük keşiflerinin bir sentezinin oluşturulması girişimine... Altıncısı olasılığa ve kara deliklerin ısısına... Kitabın son bölümü, bizlere geri dönüyor ve bu fiziğin tarif ettiği garip dünyada kendimiz hakkında düşünmeyi nasıl başaracağımızı sorguluyor.

Dersler, yazarın *Sole 24 Ore* gazetesinin pazar ekinde yayımladığı bir dizi makalenin genişletilmiş halinden oluşuyor. Yazar, pazar gazetesinin kültür sayfalarını bilime açma ve onun kültürün ayrılmaz ve yaşamsal bir parçası olma rolü olduğunu ortaya koyma erdemini gösteren Armando Massarenti'ye özellikle teşekkür eder.

BİRİNCİ DERS

KURAMLARIN EN GÜZELİ

Albert Einstein gençliğinde bir yılını aylaklık ederek geçirdi. Boşa zaman geçirmeden bir yere varılmaz ama gençlerin anne babaları ne yazık ki bunu genellikle unutur. Pavia'daydı. Almanya'daki lisesinin zorluğuna dayanamayıp eğitimini bırakmış, ailesinin yanına gelmişti. Yüzyılın başıydı ve İtalya'da endüstri devrimi yeni başlıyordu. Mühendis olan babası Po Ovası'ndaki ilk elektrik santrallerini kuruyordu. Albert, Kant okuyor, boş zamanlarında Pavia Üniversitesi'nde derslere giriyordu; ne kayıt olmuştu ne de sınavlara giriyordu, bunu zevk için yapıyordu. Gerçek biliminsanı ancak böyle olunur.

Sonra Zürih Üniversitesi'ne kaydoldu ve fiziğe daldı. Birkaç yıl sonra, 1905'te, zamanın en önemli bilim dergisi *Annalen der Physik*'e üç makale göndermişti. Bunların her biri bir Nobel Ödülü hak eder. İlki atomların gerçekten var olduğunu kanıtlıyordu. İkincisi, bir sonraki derste söz edeceğim kuantum mekaniğinin kapısını aralıyordu. Üçüncüsü onun ilk görelilik kuramını ortaya koyuyordu (bugün ona özel görelilik kuramı deniyor); zamanın herkes için eşit akmadığını açıklayan bu kurama göre biri diğerinden daha hızlı hareket eden ikizler farklı yaşlarda olacaktı.

Einstein çok kısa sürede ünlü bir biliminsanı oldu ve

pek çok üniversiteden teklifler almaya başladı. Ama bir şey onu rahatsız ediyordu: Görelilik kuramı, her ne kadar hemen övgüyle karşılanmış olsa da, kütle çekim kuvvetiyle, yani cisimlerin nasıl düştüğüyle ilgili bildiklerimizle uyuşmuyordu. Einstein bunun farkına, kuramı hakkında bir özet yazarken vardı ve büyük Newton babanın çok eskiden kalma ve görkemli "evrensel çekim kuvveti"nin yeni görelilik düşüncesiyle uyumlu olabilmesi için gözden geçirilmesinin gerekli olup olmadığını merak etmeye başladı. Probleme daldı. Çözmesi on yılını alacaktı. Çılgınca araştırmalar, denemeler, yanlışlar, kafa karışıklıkları, hatalı makaleler, göz kamaştırıcı fikirler, yanlış fikirlerle dolu on yıl... Sonunda, Kasım 1915'te eksiksiz çözümünü yayımladı: "Genel görelilik kuramı" adını verdiği yeni bir kütle çekim kuramı onun başyapıtı oldu. Büyük Rus fizikçi Lev Landau ona "bilimsel kuramların en güzeli" adını verdi.

Mozart'ın *Requiem*'i, *Odysseia*, Sistina Şapeli, *Kral Lear* gibi bizi yoğun biçimde duygulandıran mutlak başyapıtlar vardır. Görkemlerinin değerini takdir edebilmek için bir eğitim süresi gerekebilir. Ama bunun ödülü saf güzelliktir. Yalnızca bu da değil: Dünyaya yepyeni bir bakış açısıyla, farklı gözlerle bakmamızı sağlarlar. Albert Einstein'ın başyapıtı, genel görelilik kuramı da bunlardan biridir.

Kuramla ilgili bir şeyler anlamaya başladığımda yaşadığım duyguyu hatırlıyorum. Yazdı. Üniversitenin son sınıfında Akdeniz'in Yunan güneşi altında Calabria'da bir plajda, Condofuri'deydim. Okul dikkat dağıtmadığı için, tatil dönemleri ders çalışmak için en iyi zamanlardır. Kenarlarını farelerin kemirdiği bir kitap üzerinde çalışıyordum; onu Bologna'daki üniversite derslerimin can sıkıcılığından kurtulmak için sığınmaya gittiğim Umbria tepelerindeki yıkık dökük ve biraz da hippi tarzı evde

geceleri bu zavallı hayvancıkların deliklerini kapatmak üzere kullanmıştım. Ara sıra gözlerimi kitaptan kaldırıp denizin pırıltılarına bakıyordum: Einstein'ın hayalinde canlandırdığı uzay ve zamanın bükülmesini görür gibi oluyordum.

Bir büyü gibiydi: Sanki bir arkadaşım gizli bir olağanüstü gerçeği kulağıma fısıldamış, daha basit ve daha derin bir düzeni ortaya çıkarmak için gerçeğin üzerindeki örtüyü birdenbire çekivermişti. Dünyanın yuvarlak olduğunu ve bir topaç gibi delicesine döndüğünü öğrendiğimizden beri gerçekliğin hiç de bize göründüğü gibi olmadığını anladık: Gözümüze her yeni parçası iliştiğinde yeni duygular yaşarız. Bir örtü daha kalkar.

Ama kavrayışımızın tarih boyunca birbiri ardına gelen sayısız sıçramaları arasında Einstein'ınki belki de eşsizdir. Neden mi? Çünkü öncelikle nasıl işlediği anlaşıldığında kuram soluk kesecek denli basittir. Özetleyeyim:

Newton nesnelerin neden düştüğünü ve gezegenlerin neden döndüğünü açıklamaya çalışmıştı. Tüm nesneleri birbirlerine çeken bir "kuvvet" hayal etmişti: Buna "çekim kuvveti" adını vermişti. Bu kuvvetin, aralarında hiçbir şey olmayan, birbirinden uzaktaki nesneleri nasıl çektiği bilinmiyordu, bilimin ulu babası da herhangi bir hipotez öne sürmek konusunda çekingendi. Newton nesnelerin uzayda hareket ettiğini, uzayın da boş bir kap, evren için büyük bir kutu olduğunu hayal etmişti. Newton tarafından icat edilen bu "uzay"ın, dünyanın kutusunun neden yapıldığı da belli değildi.

Ama Albert'in doğumundan birkaç yıl önce iki büyük İngiliz fizikçi Faraday ve Maxwell, Newton'ın soğuk dünyasına yeni bir unsur kattı: elektromanyetik alan. Her yere yayılmış, radyo dalgalarını taşıyan, uzayı dolduran, bir gölün yüzeyi gibi titreşip dalgalanabilen ve elektrik kuvvetini "taşıyan" bu alan, gerçek bir olguydu.

Einstein gençliğinden beri, babasının kurduğu elektrik santrallerinin rotorlarını çeviren elektromanyetik alana hayrandı ve kısa süre içinde kütle çekiminin de elektrik gibi bir alan tarafından taşınması gerektiğini anladı: "Elektrik alanı"na özdeş bir "kütle çekim alanı" olmalıydı; o da bu "çekim alanı"nın nasıl oluştuğunu ve hangi denklemlerin onu tanımladığını anlamaya çalıştı.

Tam bu noktada olağanüstü bir düşünce, saf deha ortaya çıktı: Kütle çekim alanı uzayda *yayılmış* değildi, çekim alanı uzayın ta kendisiydi. Genel görelilik kuramının anafikri işte budur.

Nesnelerin içinde hareket ettiği Newton "uzay"ı ve çekim kuvvetini taşıyan "çekim alanı" aynı şeydir.

Bu tam anlamıyla ani bir aydınlanma ânıydı. Dünyanın çok etkileyici bir biçimde basitleştirilmesiydi; uzay artık maddeden farklı bir şey değildi: Dünyanın "maddi" bileşenlerinden biri oldu, dalgalanan, eğilen, kıvrılan, bükülen bir madde. Kaskatı ve görünmez bir yapı içinde bulunmuyoruz: Esnek bir yumuşakçanın içine gömülüyüz. Güneş, etrafındaki uzayı büker ve dünya da onun etrafında, gizemli bir güç tarafından çekildiği için değil, eğilen bir uzayda bir doğru üzerinde hızla yol aldığı için döner. Tıpkı bir huni içinde dönen bir bilye gibi: Huninin merkezinden kaynaklanan gizemli "kuvvetler" yoktur, huninin çeperinin eğik olması bilyenin dönmesini sağlar. Uzay eğildiği için gezegenler güneş etrafında döner, cisimler yere düşer.

Uzayın eğilip bükülmesi nasıl tanımlanabilir? 19. yüzyılın en büyük matematikçisi, "matematikçilerin prensi" Carl Friedrich Gauss, tepeler gibi iki boyutlu eğrilerin yüzey alanlarını tanımlamak için matematikle ilgili formüller geliştirmişti. Sonra da yetenekli bir öğrencisinden bunları üç ve daha çok boyutlu eğri uzaylara uyarlamasını istemişti. Öğrencisi Bernhard Riemann tamamen işe

yaramaz görünen, hayli kalın bir doktora tezi yazmıştı. Tezin vardığı sonuca göre eğik bir uzayın özellikleri, bugün Riemann eğriliği denen ve simgesi R olan bir matematiksel nesne yardımıyla elde edilebilir. Einstein R'nin maddenin enerjisiyle orantılı olduğunu söyleyen bir denklem yazar. Yani: Uzay maddenin var olduğu yerde eğilir. Hepsi bu. Denklem yarım satır uzunluğundadır, başka bir şey de yoktur. Bir öngörü –bükülen uzay– bir denklem haline gelir.

Bununla birlikte bu denklemin içinde göz kamaştırıcı bir evren vardır. Kuramın büyülü zenginliği tam bu noktada ortaya çıkar. Bir delinin hezeyanları gibi görünen bir dizi hayalî öngörünün tamamı deneylerle doğrulanmıştır.

Denklem öncelikle bir yıldızın etrafındaki uzayın nasıl eğildiğini tanımlar. Bu eğim nedeniyle yalnızca gezegenler yıldız etrafında dönmekle kalmaz, ışık da doğrusal hareket etmek yerine bükülür. Einstein güneşin ışığı büktüğünü öngörmüştü. Bu eğrilik 1919'da ölçüldü ve öngörüsü doğrulandı.

Ama bükülen yalnızca uzay değildir; zaman da bükülür. Einstein zamanın yüksekteki bir konumda, dünyaya yakın, daha alçak bir durumdan daha hızlı aktığını öngörür. Bu da ölçülmüş ve doğru çıkmıştır. Fark çok küçüktür ama deniz kıyısında yaşayan biri, dağda yaşayan ikizinin kendisinden biraz daha yaşlı olduğunu keşfeder. Bu da yalnızca başlangıçtır.

Büyük bir yıldız tüm yakıtını (hidrojeni) tükettiğinde sönmeye başlar. Geriye kalanlar, yanmadan kaynaklanan ısıyla ayakta kalamaz, kendi ağırlığıyla çöker, uzayı o kadar güçlü bir biçimde eğer ki gerçek bir deliğe düşer. Bunlar ünlü *kara delikler*dir. Üniversite yıllarımda ezoterik bir kuramın pek inanılmayan öngörüleri olarak görülürlerdi. Oysa bugün gökyüzünde yüzlercesi gözleniyor,

astronomlar tarafından tüm detaylarıyla inceleniyorlar. Ama hepsi bu da değil.

Tüm uzay esneyip genişleyebilir; hatta Einstein'ın denklemi uzayın durağan olamayacağını, genişlemek *zorunda* olduğunu gösterir. Evrenin genişlemesi gerçekten de 1930'da gözlemlenir. Aynı denklem genişlemenin minicik ve çok sıcak genç bir evrenin patlamasıyla tetiklendiğini de öngörür: Bu da Big Bang'dir. Bir kez daha kimse inanmaz ama kanıtlar yığılmaya başlar, sonunda gökyüzünde *kozmik artalan yayılımı*, ilk patlamadan geriye kalan yayılmış ışınım gözlemlenir. Einstein denkleminin öngörüsü doğrudur.

Dahası, kuram uzayın deniz yüzeyi gibi hafifçe dalgalandığını da öngörür, bu "çekim dalgaları"nın etkileri gökyüzünde ikiz yıldızlar üzerinde gözlemlenir ve milyarda bir gibi akıl almaz bir hassasiyetle kuramın öngörüsüyle örtüşür. Vesaire.

Kısacası kuram, evrenlerin patladığı, uzayın çıkışı olmayan delikler içine çöktüğü, zamanın bir gezegene inildikçe yavaşladığı, yıldızlar arası uzayın uçsuz bucaksız enginliğinin deniz yüzeyi gibi dalgalandığı renkli ve şaşırtıcı bir dünya tanımlar; farelerin kemirdiği kitabımdan yavaş yavaş ortaya çıkan tüm bu şeyler bir aptalın bir öfke kriziyle anlattığı masallar ya da Calabria'nın yakıcı güneşinin etkisinin ve denizin çırpıntılarının yarattığı bir sanrı değildi. Gerçekti.

Ya da daha doğru bir ifadeyle, bulanık gündelik yavanlığımızdan biraz daha az örtük gerçekliğe bir göz atıştı. Düşlerle aynı malzemeden yapılmışa benzeyen ama yine de her günkü flu düşlerimizden daha gerçek bir gerçeklik...

Tüm bunlar temel bir sezginin ürünü: Uzay ve alan aynı şeydir. Üstelik buraya alıntılamaktan kendimi alamadığım çok basit bir denklemle ifade edilir, okurlarım

şüphesiz çözemeyecek olsa da muhteşem basitliğini görsünler isterim:

$$R_{ab} - \frac{1}{2} R g_{ab} = T_{ab}$$

İşte bu kadar. Bu denklemi okumak için tabii ki Riemann matematiğini hazmetmek ve tekniğe hâkim olmak için bir eğitim süreci gerekir. Biraz çaba ve emek gerekir. Ama Beethoven'ın son dönem yaylı çalgılar dörtlülerinin incelikli güzelliğini hissetmek için gerekenden daha azdır. Her iki durumda da ödülünüz güzellik ve dünyaya yeni gözlerle bakmak olacaktır.

İKİNCİ DERS

KUANTA

20. yüzyıl fiziğinin iki temel direği, ilk derste söz ettiğim genel görelilik ile burada söz edeceğim kuantum mekaniği, birbirlerinden daha farklı olamazdı.

Her iki kuram da bize doğanın ince yapısının bize göründüğünden daha incelikli olduğunu öğretir. Ama genel görelilik yoğun bir cevherdir: Bir zihnin, Albert Einstein'ın aklının yarattığı, çekim, uzay ve zamana dair basit ve tutarlı bir görüştür. Öte yandan kuantum mekaniği ya da "kuantum kuramı" benzersiz bir deneysel başarı elde etmiş, gündelik yaşamımızı değiştiren uygulamaların doğmasını sağlamıştır (bu satırları yazarken kullandığım bilgisayar gibi) ama doğumunun üzerinden yüz yıl geçmesine karşın garip bir anlaşılmazlık ve gizem bulutu içinde kalmıştır.

Kuantum mekaniğinin, sanki yoğun düşünce yüzyılını açarmış gibi, tam 1900 yılında doğduğu söylenir. Alman fizikçi Max Planck sıcak bir kutu içinde denge durumunda bulunan elektrik alanını hesaplar. Bunun için küçük bir hileye başvurur: Alanın enerjisinin "kuanta" yani enerji paketçikleri, topakları biçiminde dağıldığını varsayar. Bu yöntem ölçülen şeyin mükemmel bir biçimde yeniden elde edilmesini sağlar (dolayısıyla bir biçimde doğru olmalıdır) ama o zamanlar bilinen her şeyle

çatışmıştır; çünkü enerjinin kesiksiz bir biçimde değiştiği düşünülmektedir ve onu, küçük yapıtaşlarından oluşurmuş gibi ele almak için bir neden yoktur.

Enerjiyi sonlu paketlerden oluşurmuş gibi ele almak, Max Planck'ın kendisinin de tam anlamıyla neden işe yaradığını anlamadığı bir hesaplama numarasıydı. Beş yıl sonra "enerji paketleri"nin gerçek olduğunu anlayan yine Albert Einstein oldu.

Einstein ışığın paketlerden, ışık parçacıklarından oluştuğunu gösterdi. Bunlara bugün "fotonlar" diyoruz. Çalışmasının girişinde şöyle yazar:

> Bana öyle geliyor ki, floresans, katot ışınlarının üretimi ve bir kutudan yayılan elektromanyetik ışınım ile ışığın salımı ve dönüşümü gibi benzer olaylara ilişkin gözlemler, ışığın enerjisinin uzayda süreksiz biçimde dağıldığı varsayıldığında daha iyi anlaşılabilir. Bu noktada bir ışık ışınının enerjisinin uzayda kesiksiz biçimde yayılmadığı, uzayın noktalarında yer alan belirli sayıda "enerji kuantası"ndan oluştuğu, bölünmeden hareket ettikleri ve bir birim olarak üretilip emildikleri varsayımını göz önünde tutuyorum.

Basit ve açık olan bu satırlar kuantum kuramının gerçek doğum belgesidir. Baştaki, "Bana öyle geliyor ki," ifadesine dikkat edin: Darwin'in not defterlerinde türlerin evrimi gibi büyük bir düşünceyi sunarken kullandığı "Sanırım" ifadesini ya da elektrik alanı gibi devrim yaratan bir düşünceyi sunduğu kitabında Faraday'in "tereddüt"ünü anımsatıyor. Deha tereddüt eder.

Einstein'ın çalışması başta meslektaşları tarafından parlak bir gencin gençlik saçmalıkları olarak görüldü. Einstein sonra Nobel Ödülü'nü bu çalışmasıyla alacaktı. Planck kuramın babasıysa Einstein da onu büyüten velisidir.

Ama bütün çocuklar gibi kuram da kendi yoluna gitti, Einstein da onu artık tanıyamaz oldu. 1910'lar ve 1920'ler boyunca büyümesine yön verense Danimarkalı Niels Bohr oldu. Işık enerjisi gibi atomlardaki elektronların da yalnızca "nicelendirilmiş" belirli değerler alabileceğini ve her şeyden önemlisi elektronların belirli bir enerjiyle yalnızca bir atom yörüngesinden diğerine "sıçrayabileceğini", bunu yaparken de bir foton açığa çıkardığını veya özümsediğini anlayan odur. Bunlar şu ünlü "kuantum sıçraması"dır. Atom dünyasının anlaşılmaz davranışlarını bir düzene sokmak ve bundan tutarlı bir kuram yaratmak için yüzyılın en parlak genç beyinlerinin bir araya geldiği yer onun Kopenhag'daki ünlü enstitüsüdür.

Kuramın tüm Newton mekaniğinin yerini alan denklemleri nihayet 1925'te ortaya çıktı. Bundan daha büyük bir başarı düşünmek zordur. Bir çırpıda her şey yerli yerine oturdu ve her şey hesaplanabilir hale geldi. Yalnızca bir örnek vereyim: Mendeleyev'in hidrojenden uranyuma kadar evreni oluşturan tüm olası elementleri listeleyen ve pek çok sınıfta asılı olan, elementlerin periyodik tablosunu anımsıyor musunuz? Nasıl oluyor da tam da orada listelenen şeyler, elementler orada yer alıyor, periyodik tablo, nasıl oluyor da o periyotlarıyla bu yapıya sahip oluyor, elementler de bu belirli özelliklere nasıl sahip oluyor? Bunun yanıtı her bir elementin kuantum mekaniğinin temel denkleminin bir çözümü olmasıdır. Tüm kimya bu tek denklemden doğmuştur.

Yeni kuramın ilk denklemlerini yazmayı başaran, bazı baş döndürücü düşünceleri temel alan gencecik bir Alman dâhi, Werner Heisenberg'di.

Heisenberg elektronların her zaman var *olmadığını* düşünüyordu. Elektronlar yalnızca biri ona baktığında ya da daha doğru bir ifadeyle, bir başka şeyle etkileştiklerinde var olur. Bir şeye çarptıklarında, hesaplanabilir

bir olasılıkla, bir yerde maddeleşirler. Bir yörüngeden diğerine meydana gelen "kuantum sıçramaları", onların gerçek olabilmeleri için tek yoldur: Bir elektron, bir etkileşimden diğerine sıçramaların bütünüdür. Kimse onu rahatsız etmediğinde hiçbir belirli yerde değildir. Herhangi bir konumda bulunmaz.

Sanki Tanrı gerçekliği kalın bir çizgiyle tasarlamamış da noktalı silik çizgilerle yetinmiştir.

Kuantum mekaniğinde, bir başka cisimle çarpışmadığı sürece hiçbir cismin belirli bir konumu yoktur. Bir etkileşimden diğerine uçuşunun ortasında onu tanımlamak için gerçek uzayda değil, soyut matematiksel uzayda yer alan soyut bir formül kullanılır.

Daha da kötüsü, her bir cismin bir etkileşimden diğerine geçmesini sağlayan bu sıçramalar öngörülebilir bir biçimde değil, büyük ölçüde rastlantısal biçimde gerçekleşir. Bir elektronun nerede yeniden ortaya çıkacağını öngörmek mümkün değildir, yalnızca şurada ya da burada aniden belirebileceğinin *olasılığı* hesaplanabilir. Olasılık düşüncesi, her şeyin kesin, tek anlamlı, değiştirilemez göründüğü fiziğin tam kalbinde yer edindi.

Saçma mı geliyor? Einstein'a da saçma geliyordu. Bir yandan, dünyaya ilişkin temel bir şeyler anladığını takdir ederek Werner Heisenberg'i Nobel'e öneriyor, öte yandan böylelikle hiçbir şeyin anlaşılamadığını homurdanma fırsatını kaçırmıyordu.

Kopenhag grubunun genç aslanları dehşete kapılmıştı: Nasıl, Einstein bile mi? Ruhani babaları, düşünülemez olanı düşünme cesaretini göstermiş olan adam, şimdi geri çekiliyor ve yolunu kendisinin açtığı bilinmeze doğru bu yeni sıçramadan korkuyor muydu? Zamanın evrensel olmadığını, uzayın eğildiğini söyleyen Einstein'ın kendisi değil miydi? Oysa şimdi dünyanın bu kadar garip olamayacağını mı söylüyordu?

Niels Bohr yeni fikirleri Einstein'a sabırla açıklıyordu. Einstein karşı çıkıyordu. Yeni fikirlerin çelişkili olduğunu göstermek için düşünsel deneyler tasarlıyordu: Ünlü "ışık kutusu" düşüncesi deneyi, "Işık dolu bir kutu düşünelim, buradan çok kısa bir süre içinde yalnızca bir fotonun dışarı çıkmasına izin verelim..." diye başlıyordu. Bohr her zaman sonunda yanıtı bulmayı ve itirazları savuşturmayı başarıyordu. Görüş alışverişleri yıllarca konferanslarla, mektuplarla, makalelerle sürdü. Bu etkileşim süresince her iki büyük insan da geri çekilmek ve fikir değiştirmek zorunda kaldı. Einstein yeni düşüncelerde aslında çelişki olmadığını kabul etmek zorunda kaldı. Bohr da işlerin başta düşündüğü kadar kolay ve açık olmadığını... Einstein temel sorun olarak gördüğü noktadan geri adım atmadı: Kimin kimle etkileştiğinden bağımsız, nesnel bir gerçeklik var olmalıydı. Bohr gerçekliğin yeni kuram tarafından kavramsallaştırıldığı bu yepyeni yaklaşımın geçerli olduğu görüşünden geri adım atmadı. Einstein yeni kuramın dünyayı anlama yönünde atılmış dev bir adım olduğunu kabul etti ama nesnelerin bu kadar garip olamayacağına, "geride" daha mantıklı bir açıklama olması gerektiğine inanmaya devam etti.

Aradan bir yüzyıl geçti, hâlâ aynı noktadayız. Kuantum mekaniğinin denklemleri ve sonuçları, fizikçiler, mühendisler, kimyacılar, biyologlar tarafından pek çok farklı alanda her gün kullanılıyor. Tüm çağdaş teknoloji için çok işe yarıyorlar. Kuantum mekaniği olmasaydı transistor olmazdı. Yine de gizemli kalmaya devam ediyorlar: Fiziksel bir sisteme ne olduğu yerine yalnızca bir fiziksel sistemin bir başka fiziksel sistem tarafından nasıl algılandığını açıklıyorlar. Bu ne anlama geliyor? Bir sistemin temel gerçekliğinin tanımlanamayacağı anlamına mı geliyor? Öyküde eksik bir parça olduğu anlamına mı geliyor? Ya da, benim sandığım gibi, gerçekliğin yalnızca

etkileşim olduğu fikrini kabul etmemiz gerektiği anlamına mı geliyor?

Bilgi dağarcığımız büyüyor, gerçekten büyüyor. Daha önceden hayal bile edemeyeceğimiz yeni şeyler yapmamızı sağlıyor. Ama büyürken de karşımıza yeni sorular, yeni gizemler çıkarıyor. Kuramın denklemlerini laboratuvarda kullananlar bunlarla ilgilenmiyor ama fizik ve felsefe, makaleleriyle, konferanslarıyla kendilerini sorgulamaya devam ediyor, hatta son yıllarda bunların sayıları arttı. Doğumundan bir yüzyıl sonra kuantum mekaniği nedir? Gerçekliğin doğasının derinlerine olağanüstü bir dalış mıdır? Rastlantısal olarak işe yarayan bir gaf mıdır? Bir yapbozun eksik parçası mıdır? Yoksa, dünyanın yapısına ilişkin henüz iyi hazmetmediğimiz derin bir şeyin ipucu mu?

Einstein öldüğünde, en büyük rakibi Niels Bohr çok dokunaklı hayranlık sözleri sarf etti. Birkaç yıl sonra Bohr öldüğünde biri çalışma odasındaki karatahtanın bir fotoğrafını çekti: Üzerinde bir çizim vardı. Einstein'ın "ışık kutusu" düşünce deneyini temsil ediyordu. Kendini aşma ve daha çok şey öğrenme isteği son âna dek sürer. Şüphe, sonuna dek devam eder.

ÜÇÜNCÜ DERS

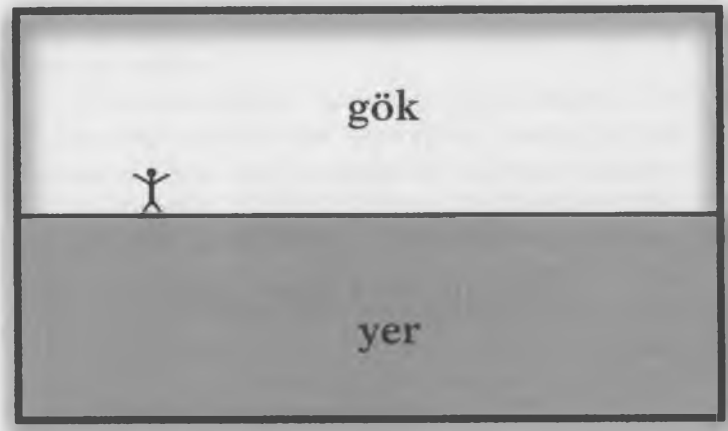
EVRENİN MİMARİSİ

20. yüzyılın ilk yarısında Einstein genel görelilik kuramıyla uzayın ve zamanın dokusunu açıklarken Bohr ve genç arkadaşları maddenin garip kuantum doğasını denklemlerle yansıttı.

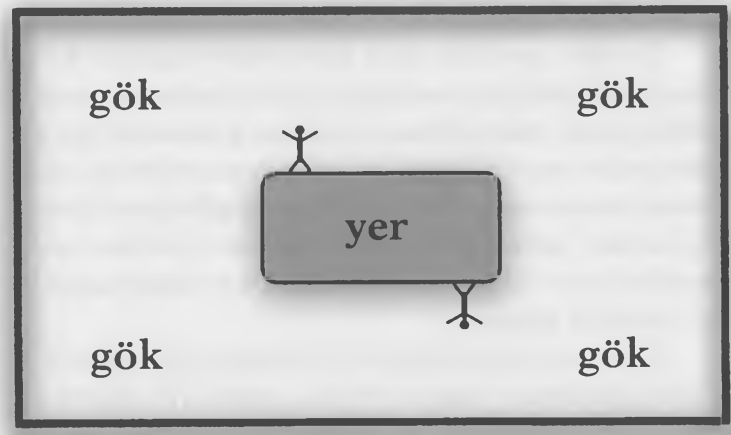
20. yüzyılın ikinci yarısında fizikçiler, bu iki yeni kuramı doğanın birbirinden çok farklı alanlarına uygulayarak, bu temeller üzerine yeni yapılar inşa etti: Makro ölçekte evrenin yapısı ile mikro ölçekte temel parçacıklar. Bunların ilkinden bu derste söz edeceğim, ikincisinden de bir sonrakinde.

Bu ders genellikle basit çizimlerden oluşuyor. Bunun nedeni bilimin, deneylerden, ölçümlerden, matematikten, kesin çıkarımlardan öte bir görüş olmasıdır. Bilim her şeyden önce bir gözünde canlandırma eylemidir. Bilimsel düşünce nesneleri önceden gördüğümüzden farklı biçimde "görme" yeteneğinden beslenir. Görüşler arasındaki bu yolculuğun alçakgönüllü bir seçkisini sunmayı denemek istiyorum.

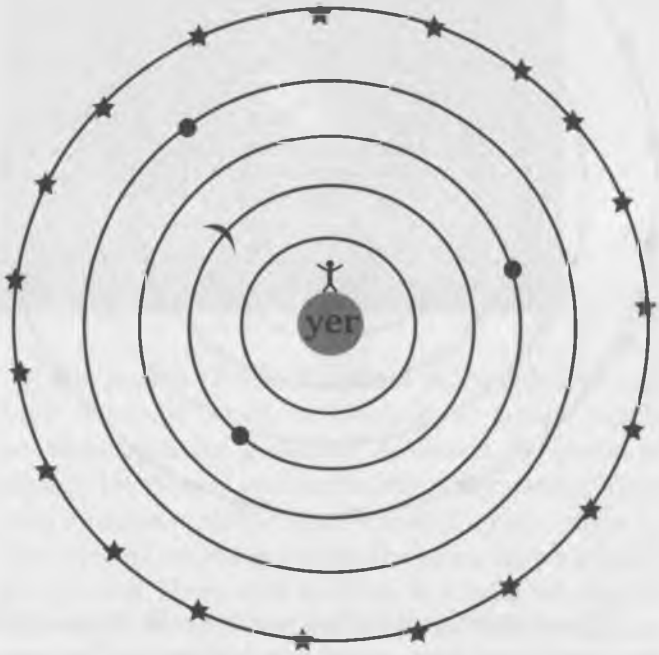
İlk resim, evreni binlerce yıl boyunca algılandığı biçimde gösteriyor. Aşağıda yeryüzü, yukarıda da gökyüzü var.



Yirmi altı yüzyıl önce Anaksimandros'un güneşin, ayın ve yıldızların nasıl olup da etrafımızda döndüklerini anlamaya çalışırken yarattığı ilk büyük bilimsel devrim, evrenin bu resminin yerine bir başkasını koydu:

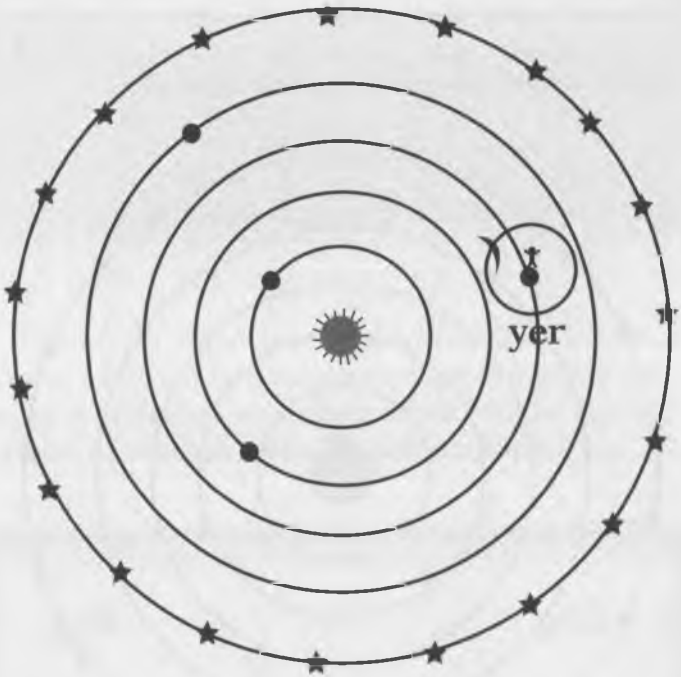


Şimdi gök artık yalnızca yukarıda değil, dünyanın tüm çevresindedir, dünya da uzayda düşmeden yüzen kocaman bir taştır. Kısa süre içinde birileri (belki Parmenides, belki Pythagoras) uçan bu dünya için daha uygun biçimin, tüm yönlerin eşit olduğu bir küre olduğunu fark etti, Aristoteles de dünyanın ve onun çevresindeki gök cisimlerinin içinde hareket ettiği göğün küreselliğini doğrulayan ikna edici bilimsel savlar tanımladı. Bunun sonucu olarak ortaya çıkan resim de şöyleydi:



Bu, Aristoteles'in *Gökyüzü Üzerine* başlıklı kitabında tarif ettiği evrendi ve Ortaçağ'a dek Akdeniz çevresindeki uygarlıkların tipik dünya görüşü olarak kaldı. Dante'nin okulda öğrendiği dünya imgesi buydu.

Büyük devrimsel devrim olarak bilinen şeyi başlatan bir sonraki sıçrama Copernicus sayesinde oldu. Copernicus'un dünyası Aristoteles'inkinden çok farklı değildi:

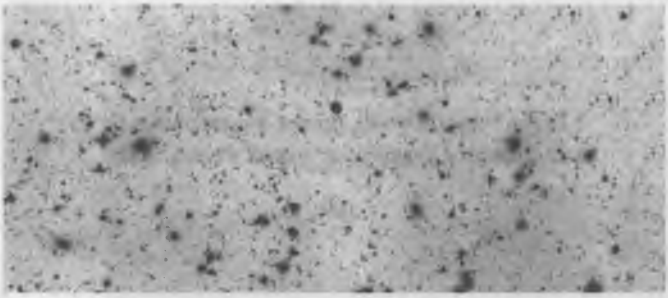


Yine de çok temel bir fark vardır: Antik dönemlerde göz önünde tutulmuş, sonra terk edilmiş bir fikri yeniden ele alan Copernicus, gezegenlerin dansının merkezinde dünyanın değil, güneşin olduğunu anladı ve bunu kanıtladı. Gezegenimiz diğerleri gibi bir gezegen konumuna geldi. Büyük bir hızla hem kendi etrafında hem güneş çevresinde dönüyordu.

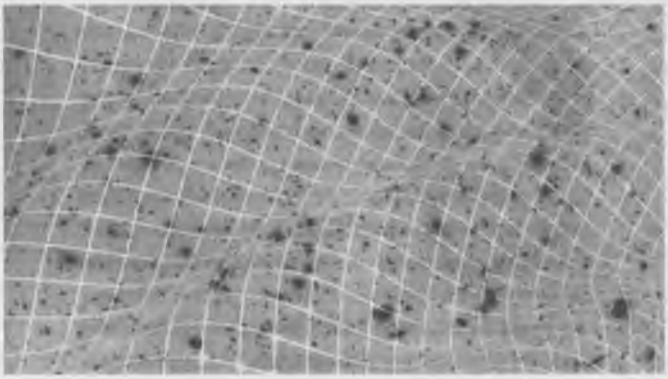
Bilgi genişlemeye devam etti, kısa süre içinde araçlarımız gelişti ve güneş sisteminin çok sayıda diğer sistemden yalnızca biri olduğunu, güneşimizin diğer yıldızlar gibi bir yıldızdan başka bir şey olmadığını öğrendik. Yüz milyar yıldızdan oluşan engin bir yıldız bulutu olan galaksi içinde minicik bir zerre:

Öte yandan 1930'larda astronomların nebulalar –yıldızlar arasındaki beyazımsı bulutçuklar– üzerine yaptıkları kesin ölçümler, galaksinin kendisinin de, gözün en gelişmiş teleskoplar yardımıyla bile göremeyeceği kadar geniş muazzam galaksi bulutu içinde, yüzlerce milyar galaksi arasında bir toz zerreciğinden başka bir şey olmadığını gösterdi. Evren artık tekdüze ve sınırsız bir enginlik haline geldi. Bir sonraki resim bir çizim değil, yörüngedeki Hubble teleskobunun çektiği, gökyüzünün en güçlü teleskobumuzla görebildiğimiz en derin görüntüsünü gösteren bir fotoğraftır: Çıplak gözle bakıldığında kapkara gökyüzünün küçücük bir parçası gibi görünebilir. Hubble teleskobu sayesindeyse sağa sola saçılmış çok uzak galaksiler ortaya çıkar. Resimdeki her siyah noktacık bizimkine

benzer yüz milyar güneş barındıran bir galaksidir. Birkaç yıldır bu güneşlerin büyük bölümünün çevrelerinde gezegenleri olduğunu gözlemliyoruz. Yani evrende bizimkine benzeyen binlerce milyar kere milyar gezegen var. Hangi yöne bakarsanız bakın hep aynı şey görülür.



Ama bu sonsuz tekdüzelik de göründüğü gibi değildir. Birinci derste gösterdiğim gibi evren düz değil, eğridir. Galaksilerin saçıldığı evrenin dokusunu, bazen kara delikleri oluşturan büyük yarıklar oluşturacak kadar çalkantılı deniz dalgalarına benzer dalgalanmalarla hareket ettiğini hayal etmemiz gerekir. Öyleyse büyük dalgalarla yarılmış bu evreni temsil etmek için çizimlere geri dönelim.



Son olarak, bugün bu uçsuz bucaksız, esnek ve galaksilerle dolu evrenin, yaklaşık on beş milyar yıl önce çok sıcak ve çok yoğun küçük bir buluttan doğduğunu biliyoruz. Bu görüşü yansıtabilmek için artık evreni değil, onun tüm tarihini çizmemiz gerekir. Ana hatlarıyla şöyle:

Evren küçük bir top gibi doğmuş, sonra bugünkü kozmik boyutlarına ulaşacak biçimde patlamıştır. Bilgimizin en büyük ölçeğinde bugünkü evren görüşümüz budur.

Başka bir şey daha var mı? Öncesinde bir şey var mıydı? Olabilir. Bundan birkaç ders sonra söz edeceğim. Benzer ya da farklı başka evrenler var mı? Bilmiyoruz.

DÖRDÜNCÜ DERS

PARÇACIKLAR

Işık ve nesneler bir önceki derste tarif edilen evren içinde hareket eder. Işık, Einstein'ın sezinlediği gibi ışık parçacıkları, fotonlardan oluşur. Gördüğümüz şeyler atomlardan oluşur. Her atom, çevresinde elektronların olduğu bir çekirdektir. Her çekirdek sıkıca bir arada bulunan protonlar ve nötronlardan oluşur. Gerek protonlar, gerek nötronlar daha da küçük parçacıklardan oluşur; bu parçacıklara Amerikalı fizikçi Murray Gell-Mann, James Joyce'un *Ulysses*'inde yer alan anlamsız bir tümcedeki –"*Three quarks for Muster Mark!*"[1]– anlamsız bir sözcükten esinlenerek "kuarklar" adını vermiştir.

Protonlar ile nötronların içindeki kuarkları bir arada tutan güç, mizah duygusu pek gelişmemiş fizikçilerin, İngilizce *glue*, tutkal sözcüğünden türettikleri "gluon" denen parçacık tarafından üretilir. İtalyancaya *colloni* [tutkalon] olarak çevrilebilirdi ama neyse ki herkes İngilizce adını kullanıyor.

Çevremizdeki uzayda hareket eden her şeyi oluşturan unsurlar *elektronlar, kuarklar, fotonlar ve gluonlar*dır. Bunlar parçacık fiziğinin araştırdığı "temel parçacıklar"dır.

1. Joyce'un ünlü cümlesi aslen *Finnegans Wake*'te ikinci kitabın dördüncü bölümünün başında yer alır. (Y.N.)

Bu parçacıklara bazı başkaları da eklenebilir, örneğin evrende bolca bulunan ama bizimle çok az etkileşimde bulunan *nötrinolar* ve kısa süre önce CERN'in Cenevre'deki dev makinesinde ortaya çıkarılan *Higgs bozonu* gibi, ama çok sayıda değillerdir. İki elin parmaklarını geçmeyecek sayıda parçacık bulunur. Çevremizdeki tüm maddi gerçekliği oluşturan devasa bir Lego'nun parçaları gibi davranan bir avuç temel bileşen vardır.

Bu parçacıkların doğaları ve nasıl hareket ettikleri kuantum mekaniği tarafından tarif edilir. Dolayısıyla bu parçacıklar gerçek çakıltaşları gibi değil, tıpkı fotonların elektromanyetik alanın "kuanta"sı olduğu gibi, daha çok kendilerine karşılık gelen temel alanların "kuanta"sıdır. Faraday ve Maxwell'in alanına benzer hareketli bir özü olan temel uyarımlardır. Çok hızlı hareket eden dalgacıklardır. Kuantum mekaniğinin garip kurallarına göre yok olup yeniden ortaya çıkarlar, var olan şeyler hiçbir zaman kararlı bir durumda olmaz; bir etkileşimden diğerine gerçekleşen bir sıçramadan başka bir şey değildirler.

Uzayın, içinde atom olmayan boş bir köşesinde bile, sayıları az da olsa bu parçacıkların cirit attığı görülür. Gerçekten boş olan bir boşluk yoktur. Tamamen durgun görünen bir deniz yüzeyinin yakından bakıldığında hafifçe dalgalanması ve titreşmesi gibi, dünyayı oluşturan alanlar da küçük ölçeklerde dalgalanır, dünyanın bu titreşimlerle sürekli olarak yaratılıp yok edilen temel parçacıklarının çok kısa ömürlü olduğunu hayal edebiliriz.

Bu, kuantum mekaniğinin ve parçacık kuramının tanımladığı dünyadır. Böylece soğuk çakıltaşlarının değişmez geometrili bir uzay içinde kesin yörüngeler boyunca sonsuza dek dolaştığı Newton ve Laplace'ın mekanik dünyasının çok uzağına gittik. Kuantum mekaniği ve parçacık deneyleri bize evrenin, nesnelerin sürekli olarak kıpır kıpır kaynaşması olduğunu ve bunların bir var, bir yok olan anlık varlıklar olduğunu öğretti. 60'lı

yılların hippi dünyası gibi bir titreşimler bütünü... Nesneler değil, bir olaylar dünyası...

Parçacık kuramının ayrıntıları 1950'ler, 1960'lar ve 1970'lerde yavaş yavaş geliştirildi. Feynman ve Gel-Mann gibi yüzyılın en büyük fizikçilerinin yanı sıra pek çok İtalyan fizikçi de buna katkıda bulundu. Bu oluşumun sonucunda kuantum mekaniğini temel alan ve pek de çekici olmayan "temel parçacıkların standart modeli" adı verilen karmaşık bir kuram ortaya çıktı. 1970'lerde geliştirilen "standart model" tüm öngörüleri kanıtlayan pek çok deneyle doğrulandı. Bunlar arasında 1984'te Nobel Ödülü kazanan (şu anki) senatörümüz Carlo Rubbia'nın yaptığı ölçümler de vardı. Son kanıt 2013'te Higgs bozonunun bulunmasıyla geldi.

Bununla birlikte, bunca deneysel kanıta karşın, kuram fizikçiler tarafından tam anlamıyla ciddiye alınmadı. En azından ilk bakışta biraz yamalı bohça gibi görünür. Belirli bir düzeni olmadan bir araya getirilmiş farklı parçalar ve denklemlerden oluşur. Bazı simetrilere uyan (neden tam olarak bu simetriler?), her biri bazı sabitler tarafından belirlenmiş (neden tam olarak bu değerler?), aralarında belirli bazı kuvvetlerle etkileşen (neden tam olarak bu kuvvetler?) belirli sayıda alan (neden tam olarak bu alanlar?)... Genel görelilik ve kuantum mekaniği denklemlerinin sadeliğinden uzaktır.

Standart modelin evrene ilişkin öngörülerini verme biçimi de saçma denecek ölçüde karmaşıktır. Doğrudan kullandıklarında bu denklemler, hesaplanan her niceliğin sonsuz büyük olması sonucunu veren anlamsız öngörülere götürür. Anlamlı sonuçlara ulaşabilmek için, saçma sonuçları dengeleyebilmek ve mantıklı sonuçlar elde edebilmek amacıyla denklemlere giren parametrelerin de sonsuz büyük olduklarını varsaymak gerekir. Bu karmaşık ve şatafatlı işleme teknik terimle "renormali-

zasyon" denir; pratikte işe yarar ama doğanın basit olması gerektiğini düşünenlerin ağzında kötü bir tat bırakır.

Einstein'dan sonra 20. yüzyılın en büyük biliminsanı, kuantum mekaniğinin büyük mimarı ve standart modelin ilk ve temel denkleminin yazarı Paul Dirac, yaşamının son yıllarında durumdan duyduğu hoşnutsuzluğu defalarca dile getirmişti: "Problemi henüz çözmedik," diyordu.

Ayrıca standart modelin çok çarpıcı bir hatası vardır. Astronomlar galaksilerin etrafında, varlığını yıldızları çeken ve ışığı büken çekim kuvvetiyle belli eden büyük bir madde halesinin etkilerini gözlemler. Ama çekimsel etkilerini gözlemlediğimiz bu büyük haleyi doğrudan göremeyiz, neden oluştuğunu da bilmiyoruz. Pek çok hipotez incelenmiş olsa da hiçbiri işe yarar gibi görünmemektedir. Bir şey olduğu artık kesin görünüyor ama ne olduğunu bilmiyoruz. Bugün ona "karanlık madde" diyoruz. Standart modelin tarif *etmediği* bir şey söz konusu gibi, yoksa onu görebilirdik. Ne atom, ne nötrino, ne foton olan bir şey...

Yerde ve gökte, felsefemizin ve fiziğimizin hayal ettiğinden daha çok şeyin var olması şaşırtıcı değil, sevgili okur. Sonuçta daha birkaç yıl öncesine dek evreni dolduran radyo dalgalarının veya nötrinoların varlığından haberimiz yoktu.

Standart model bugün nesneler dünyası üzerine söylenebileceklerin en iyisi olmayı sürdürüyor, öngörülerinin tümü kanıtlandı, karanlık madde –ve genel göreliliğin uzay-zamanın eğriliği olarak tarif ettiği kütle çekimi– dışında gördüğümüz dünyanın tüm yönlerini oldukça başarılı bir biçimde açıklıyor. Onun yerine başka kuramlar da öne sürüldü ama deney sonuçlarıyla yıkıldılar.

Örneğin, teknik adıyla SU (5) olarak bilinen ve yetmişlerde öne sürülen güzel bir kuram, standart modelin

düzensiz denklemleri yerine oldukça güzel ve sade bir yapı öneriyordu. Kuram, protonun daha hafif parçacıklara dönüşerek belirli bir olasılıkla bozunacağını öngörüyordu. Proton bozunumunu gözlemlemek için büyük makineler kuruldu. Aralarında İtalyanların da olduğu bazı fizikçiler yaşamlarını bir protonun bozunmasını gözlemeye adadı. (Her defasında tek bir proton gözlenmez çünkü protonun bozunması çok uzun sürer. Tonlarca su kullanılır ve çevreye bozunma sonunda ortaya çıkacak ürünleri ölçecek aygıtlar yerleştirilir.) Ama ne yazık ki bir protonun bozunduğu hiçbir zaman gözlemlenmemiştir. Tüm zarafetine karşın güzel kuram SU (5) Tanrı'nın hoşuna gitmemiş olmalı.

Tarih şimdi de yeni bir tür parçacığın varlığını öngören "süper simetri" denen bir grup kuramla devam ediyor. Tüm fizik kariyerim boyunca kendilerinden çok emin bir biçimde bu parçacıkları hemen ertesi gün görmeyi bekleyen meslektaşlarımı dinledim. Günler, aylar, yıllar, on yıllar geçti ama şu âna dek ortaya çıkmadılar. Fizik her zaman bir başarı öyküsü değildir.

Yola standart modelle devam edelim. Belki çok zarif değil ama çok işe yarıyor, etrafımızdaki dünyayı tarif ediyor. Kim bilir belki de daha iyi baktığımızda zarif olmayan o değildir: Belki de gizli sadeliğini anlamak için doğru bakış açısından bakmayı henüz öğrenmemişizdir. Şimdilik madde hakkında bildiğimiz bundan ibaret. Varlıkla yokluk arasında sürekli olarak titreşip dalgalanan, hiçbir şey yokmuş gibi görünürken ortalıkta cirit atan, galaksilerin, sayısız yıldızın, kozmik ışınların, güneş ışığının, dağların, ormanların, buğday tarlalarının, partilerdeki gençlerin yüzlerindeki gülümsemelerinin ve gece yıldızlarla dolu karanlık gökyüzünün devasa öyküsünü anlatmak için kozmik bir alfabenin harfleri gibi sonsuz olasılıkla bir araya gelen bir avuç temel parçacık...

BEŞİNCİ DERS

UZAY TANECİKLERİ

Her ne kadar anlaşılmaz, kaba ve arkalarında hâlâ yanıtlanmamış sorular bırakmış olsalar da, anlattığım fizik kuramları dünyaya ilişkin şimdiye dek elde ettiğimiz en iyi tanımlamalardır. Bu nedenle oldukça memnun olmalıydık. Ama değiliz.

Fiziksel dünya hakkındaki bilgilerimizin merkezinde çelişkili bir durum söz konusudur. 20. yüzyıl bize, daha önce söz ettiğim iki cevher bırakmıştır: genel görelilik ve kuantum mekaniği. İlkinden kozmoloji ve astrofizik ile çekim dalgaları, kara delikler ve daha pek çok şeyin araştırması doğmuştur. İkincisi atom fiziğinin, nükleer fiziğin, temel parçacıklar fiziğinin, yoğun madde fiziğinin ve daha pek çok şeyin temeli olmuştur. Yaşam biçimimizi değiştiren her iki kuram da günümüz teknolojisi için temel öneme sahip cömert armağanlar sunar. Yine de, en azından şu anki biçimleriyle, birbirleriyle çeliştikleri için ikisi birden doğru olamaz.

Üniversitede sabah genel görelilik dersine, öğleden sonra da kuantum mekaniği dersine giren bir fizik öğrencisi, ya profesörlerin ahmak olduğunu ya da bir yüzyıldır birbiriyle konuşmayı unutmuş olduklarını düşünmeden edemez: Öğrencilere dünyanın birbiriyle taban tabana zıt iki imgesini öğretirler. Sabah, dünya her şeyin

sürekli olduğu eğri bir uzaydır; öğleden sonra dünya enerji kuantasının sıçrayıp durduğu düz bir uzaydır.

Çelişki, her iki kuramın da harika bir biçimde işlemesinde yatar. Doğa sanki bize, aralarındaki anlaşmazlığı çözmek için başvuran iki kişiye, hahamın davrandığı gibi davranıyor. İlk adamı dinleyen haham ona, "Haklısın," demiş. İkincisi hahamın kendini de dinlemesinde ısrarcı olmuş, haham onu da dinlemiş ve ona, "Sen de haklısın," demiş. Hahamın yan odadan olaya kulak misafiri olan karısı seslenmiş: "Ama ikisi birden haklı olamaz ki!" Haham düşünmüş, başını sallamış, sonunda, "Sen de haklısın," demiş.

Beş kıtaya yayılmış kuramsal fizikçiler harıl harıl sorunu çözmeye çalışıyor. Araştırma alanının adı "kuantum kütle çekimi"dir: Amacı, öncelikle bu şizofreniyi ortadan kaldıracak, dünyaya ilişkin tutarlı bir görüş, bir kuram, yani bir takım denklemler bulmaktır

Fizik, görünürde birbiriyle çelişen çok başarılı iki kuramla ilk kez karşı karşıya kalmıyor. Çelişen kuramları birleştirme çabaları geçmişte dünyanın anlaşılması yönünde atılan büyük adımlarla ödüllendirilmiştir. Newton evrensel çekimi Galileo'nun parabolleri ile Kepler'in elipslerini birleştirerek buldu. Maxwell elektromanyetizma denklemlerini elektrik kuramı ile manyetizma kuramını bir araya getirerek buldu. Einstein göreliliği elektromanyetizma ile mekanik arasında görünürdeki çelişkiyi çözmek için buldu. Bir fizikçi bu nedenle başarılı kuramlar arasında bir çelişki bulduğunda mutlu olur: Bu olağanüstü bir fırsattır. Dünyayı düşünmek için, *her iki* kuramla da uyumlu olan kavramsal bir yapı oluşturabilir miyiz?

Bu noktada, günümüz bilgi sınırları ötesindeki uçlarda, bilim daha da güzelleşir. Doğan düşüncelerin, sezgilerin, denemelerin ocağının göz kamaştırıcı ışığıyla... Seçilen, sonra da terk edilen yollarla... Daha önce hayal edilmemiş olanın hayal edilmesi çabasıyla...

Yirmi yıl önce sis yoğundu. Bugün coşku ve iyimserlik doğuran yollar ortaya çıktı. Bunların sayısı birden fazla, dolayısıyla problemin çözüldüğü söylenemez. Bu çeşitlilik anlaşmazlık yaratsa da tartışma sağlıklıdır: Sis dağılana dek eleştirilerin ve zıt görüşlerin olması iyidir. Problemi çözme denemeleri üzerine yoğunlaşan en önemli araştırmalar, aralarında (hepsi yabancı üniversitelerde bulunan) genç İtalyanların da olduğu kalabalık bir araştırmacı grubunun farklı ülkelerde geliştirdikleri *loop* [döngüsel] kuantum kütle çekimi konusundadır.

Loop kuantum çekimi, genel görelilik ile kuantum mekaniğini birleştirme çabasıdır; bu iki kuramın uyumlu olması için uygun bir biçimde yeniden yazılan hipotezlerinden farklı bir şey kullanmadığı için temkinli bir denemedir. Ama sonuçları son derece radikaldir: gerçekliğin yapısında büyük bir değişiklik daha...

Fikir son derece basittir. Genel görelilik bize uzayın eylemsiz bir kutu olmadığını, tam aksine çok dinamik olduğunu öğretti: İçinde bulunduğumuz, sıkıştırılabilen ve bükülebilen, hareketli devasa bir yumuşakça gibi. Öte yandan kuantum mekaniği buna benzer tüm alanların "kuantadan oluştuğunu" öğretir: Küçük tanecikli bir yapısı vardır. Bundan da hemen fiziksel uzayın da "kuantadan oluştuğu" sonucu çıkar.

Loop kuramının temel öngörüsü, bu nedenle, uzayın kesintisiz olmadığı, sonsuza dek bölünemeyeceği, bunun yerine taneciklerden yani "uzay atomları"ndan oluştuğu olur. Bunlar çok ama çok küçüktür: En küçük atom çekirdeğinden milyar kere milyar kez daha küçük... Kuram bu "uzay atomları"nı ve nasıl evrildiklerini tarif eden denklemleri matematiksel biçimde tanımlar. Bunlara *loop* yani döngü denir çünkü tekil değil, diğer benzerleriyle uzayın dokusunu ören bir ilişki ağı oluşturan bir "zincir" oluştururlar.

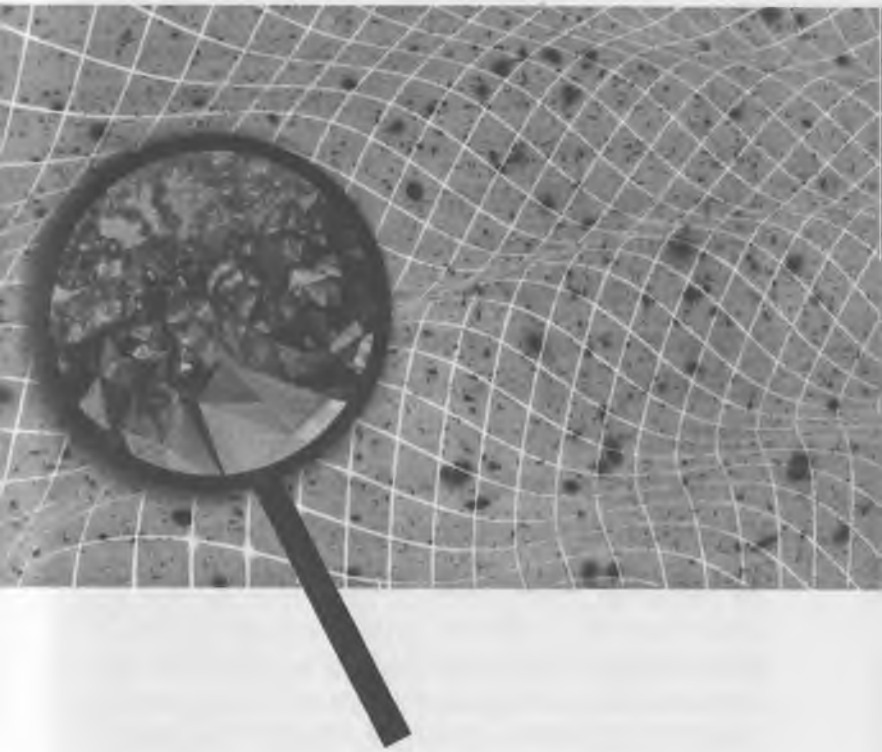
Bu uzay kuantası nerede bulunur? Hiçbir yerde. Bir uzay *içinde* değillerdir çünkü uzayın ta kendisidirler. Uzay tekil çekim kuantasının etkileşimleriyle doğmuştur. Dünya bir kez daha nesnelerden öte, ilişkilerden oluşuyor gibi görünür.

Bununla birlikte kuramın sonuçlarından en aşırısı ikinci çıkarımdır. Nesneleri içeren kesintisiz uzay düşüncesinin yok olması gibi, nesnelerden bağımsız akan, temel ve birincil "zaman" kavramı da yok olur. Uzay ve madde taneciklerini tanımlayan denklemler artık "zaman" değişkenini içermez.

Bu, her şeyin hareketsiz olduğu, değişimin olmadığı anlamına gelmez. Tam tersine, değişimin aynı anda her yerde olduğunu ama temel süreçlerin birbirlerini izleyen anlar biçiminde düzenlenemeyeceği anlamına gelir. Uzay kuantasının minicik ölçeğinde doğanın dansı bir orkestra şefinin bagetinin ritmine, tek bir tempoya bağlı değildir: Her süreç kendi ritmini izleyerek ve komşularından bağımsız olarak dans eder. Zamanın akışı dünyanın içindedir, dünyayı oluşturan ve zamanın kaynağı olan kuantum olayları arasındaki ilişkilerden dünyanın içinde doğar.

Kuramın tanımladığı dünya, alışkın olduğumuzdan daha da uzaklaşır. Artık dünyayı "içeren" bir uzay olmadığı gibi olayların "içinde" gerçekleştiği bir zaman da yoktur. Uzay ve madde kuantasının birbirleriyle sürekli olarak etkileştiği temel süreçler vardır. Etrafımızda süregelen uzay ve zaman yanılsaması bu temel süreçlerin zengin kaynaşmasının bulanık bir görüntüsüdür. Tıpkı dağdaki sakin ve berrak bir gölün aslında sayısız küçük su molekülünün hızlı dansından oluşması gibi.

Çok güçlü bir büyüteçle yakından bakıldığında üçüncü dersin sondan bir önceki resmi uzayın tanecikli yapısını göstermelidir:



Bu kuramı deneylerle kanıtlayabilir miyiz? Üzerinde düşünüyor ve deniyoruz ama henüz herhangi bir deneysel kanıt yok. Bununla birlikte farklı fikirler var.

Bunlardan biri kara deliklerin incelenmesiyle ilgili... Bugün gökyüzünde çökmüş yıldızların oluşturduğu kara delikler görüyoruz. Kendi ağırlıklarıyla içlerine çöken bu yıldızlardaki madde içeri düşmüş ve görüş alanımızdan çıkmıştır. Öyleyse bu madde şimdi nerede?

Eğer döngüsel kuantum çekimi kuramı doğruysa, maddenin sonsuz küçük bir noktada çökmesi mümkün değildir. Çünkü sonsuz küçük noktalar yoktur: Yalnızca

sonlu uzay bölgeleri vardır. Kendi ağırlığıyla çöken madde, kuantum mekaniği bu ağırlığı dengeleyebilmek için bir karşı basınç uygulayana dek gittikçe daha yoğun hale gelmiş olmalıdır. Uzay-zamanın kuantum dalgalanmalarının yarattığı basıncın maddenin ağırlığını dengelediği bir yıldızın yaşamının bu varsayımsal sona erme durumuna "Planck yıldızı" adı verilir. Güneş yanmaya son verip bir kara delik oluştursa, bunun çapı yaklaşık bir buçuk kilometre olurdu. İçeride, güneşteki tüm madde sonunda bir Planck yıldızı olana dek çökmeye devam ederdi. O zaman boyutları bir atomunkine benzerdi. Güneşteki tüm madde bir atom boyutunda sıkıştırılmış halde... Planck yıldızını oluşturan şey bu uç durumdur.

Bir Planck yıldızı kararlı bir durumda değildir: En üst yoğunluğa ulaştığında geri seker ve yeniden genişlemeye başlar. Bu da kara deliğin patlamasına neden olur. Bu süreç, kara deliğin içinde, Planck yıldızı üzerinde duran varsayımsal bir gözlemci için çok hızlı gerçekleşir: Bir geri sekme gibidir. Ama nasıl ki zaman, dağda deniz kıyısına oranla daha hızlı geçiyorsa, aynı nedenden kara deliğin içinde ve dışında bulunanlar için de farklı hızlarda geçer. Oysa aşırı şartlardan ötürü burada zaman farkı çok büyüktür; yıldız üzerindeki gözlemci için ani bir geri tepme, dışarıdaki bir gözlemci için çok uzun bir süre içinde olmuş gibi görünür. Bu nedenle kara deliklerin çok uzun süre değişmeden aynı kaldığını görürüz: Bir kara delik aşırı derecede ağır çekimle geri tepen bir yıldızdır.

Evrenin ilk anlarının fırınında kara delikler oluşmuş, bazıları da şimdi patlıyor olabilir. Eğer böyleyse belki de patlarken yaydıkları sinyalleri gökyüzünden ulaşan yüksek enerjili kozmik ışınlar biçiminde gözlemleyebilir, böylece bir kuantum çekim olayının doğrudan etkisini gözlemleyip ölçebiliriz. Bu cesurca bir fikirdir ve işe yaramayabilir, örneğin evrenin ilk anlarında şimdi patladığını

görebileceğimiz yeteri kadar kara delik oluşmamış olabilir. Ama sinyal araştırması başladı. Bekleyip göreceğiz.

Kuramın en çarpıcı sonuçlarından biri de evrenin başlangıcına ilişkindir. Evrenimizin tarihini, onun çok küçük olduğu başlangıç evresine dek geriye giderek yeniden kurabiliyoruz. Ama ya öncesi? *Loop* denklemleri evrenin tarihini daha da geriden başlatarak yeniden yaratmamızı sağlıyor.

Bulduğumuz şey, evrenin aşırı derecede sıkışmış olduğu zamanda, kuantum mekaniğinin geri itici bir kuvvet yarattığıdır ve bunun sonucunda büyük patlama Big Bang'in aslında "büyük sekme", *Big Bounce* olabileceğidir: Evrenimiz kendi ağırlığıyla büzüşmüş ve sonunda çok küçük bir uzaya sıkışmış, sonra da "sekip" yeniden genişlemeye ve çevremizde gördüğümüz genişleyen evrene dönüşen daha önceki bir evrenden doğmuş olabilir. Evrenin bir ceviz boyutunda sıkıştırılmış halindeki sekme ânı kuantum çekiminin hüküm sürdüğü andır: Uzay ve zaman tamamen yok olmuştur, dünya yine de denklemlerle açıklanabilecek bir olasılık bulutuyla kaynar duruma indirgenmiştir. Beşinci dersin son resmi de şuna dönüşür:

Evrenimiz uzay ve zamanın olmadığı bir ara evreden geçerek daha önceki bir aşamanın sekmesinden doğmuş olabilir.

Fizik uzaklara bakmamız için pencereler açar. Gördüklerimiz bizi şaşırtmaya devam ediyor. Önyargılarla dolu olduğumuzu ve dünyaya ilişkin sezgisel imgemizin kısmi, dar görüşlü ve yetersiz olduğunu anlıyoruz. Evren, adım adım daha iyi göründükçe, gözlerimizin önünde değişmeye devam ediyor.

Dünya ne düzdür ne de durağan. 20. yüzyılda fiziksel dünya hakkında öğrendiklerimizi bir araya getirirsek, ipuçlarının madde, uzay ve zamana ilişkin sezgisel düşüncelerimizden çok farklı bir şeye işaret ettiğini görürüz. *Loop* kuantum çekimi bu ipuçlarının şifrelerini çözmek ve biraz daha uzağa bakmak için bir denemedir.

ALTINCI DERS

OLASILIK, ZAMAN VE KARA DELİKLERİN ISISI

Şu âna dek söz ettiğim ve dünyanın temel öğelerini tanımlayan büyük kuramların yanı sıra fiziğin, diğerlerinden biraz farklı sağlam bir kalesi daha vardır. Beklenmedik bir biçimde bunu ortaya çıkaran soru, "Isı nedir?" sorusudur.

Fizikçiler 19. yüzyılın ortalarına dek ısıyı bir tür sıvı olan "kalorik" ya da biri sıcak diğeri soğuk iki sıvı gibi düşünerek anlamaya çalışıyordu ama bu düşüncenin yanlış olduğu ortaya çıktı. Sonunda işin özünü anlayan Maxwell ve Boltzmann oldu. Anladıkları şey de çok güzel, garip ve derindi, bizi de hâlâ keşfedilmemiş alanlara taşır.

Anladıkları şey, sıcak bir maddenin kalorik sıvı içeren bir madde olmadığıydı. Sıcak bir madde, içinde atomların daha hızlı hareket ettiği bir maddedir. Atomlar ve birbirine bağlı atomlardan oluşan moleküller sürekli hareket halindedir. Hızla hareket ederler, titreşirler, sıçrarlar vs. Soğuk hava, atomların, daha doğrusu moleküllerin daha yavaş hareket ettiği bir havadır. Sıcak hava, moleküllerin daha hızlı hareket ettiği havadır. Basit ve güzel... Ama hepsi bu kadar değil.

Bildiğimiz gibi ısı hep sıcak nesnelerden soğuk nesnelere doğru geçer. Sıcak bir çay bardağındaki soğuk ka-

şık ısınır. Dondurucu bir havada iyi örtünmezsek ısı kaybeder, üşürüz.

Isı neden sıcak nesnelerden soğuk nesnelere doğru gider de tersi olmaz?

Bu çok can alıcı bir sorudur çünkü zamanın doğasıyla ilgilidir. Aslında ısı alışverişi olmayan ya da önemsiz miktarda olan her durumda geleceğin tam anlamıyla geçmiş gibi davrandığını görürüz. Örneğin Güneş Sistemi'ndeki gezegenlerin hareketi için ısı neredeyse tamamen ihmal edilebilir olduğu için bu hareket hiçbir fizik kuralı çiğnenmeden ters yönde de gerçekleşebilir. İşin içine ısı girer girmez gelecek geçmişten farklı olur. Örneğin sürtünme olmadığında bir sarkaç sonsuza dek salınmaya devam eder. Hareketini filme alıp tersten oynatırsak, hareketin tamamen mümkün olduğunu görürüz. Ama sürtünme varsa, sarkaç sürtünme nedeniyle bağlantılarını biraz ısıtır, enerji kaybeder ve yavaşlar. Sürtünme ısı üretir. Böylelikle hemen (sarkacın yavaşladığı) gelecek, geçmişten farklılaşır: Duran bir sarkacın bağlantılarından ısı alarak kazandığı enerjiyle salınmaya başladığı hiçbir zaman görülmemiştir.

Geçmiş ile gelecek arasındaki fark yalnızca ısı söz konusu olduğu zaman vardır. Geleceği geçmişten ayıran temel olay, ısının daha sıcak nesnelerden daha soğuk nesnelere geçmesidir.

Peki ama ısı neden sıcak nesnelerden soğuk nesnelere doğru gider de tersi olmaz?

Bunun nedenini Avusturyalı fizikçi Ludwig Boltzmann bulmuştur, çok da basittir: Rastlantı. Boltzmann'ın düşüncesi çok inceliklidir ve işin içine olasılık kavramını sokar. Isı, sıcak nesnelerden soğuk nesnelere mutlak bir yasanın zorlamasıyla geçmez: Yalnızca bu yöndeki geçişi daha yüksek bir olasılıkla olur. Bunun nedeni ise şudur: Sıcak nesneye ait daha hızlı bir atomun daha soğuk bir

atoma çarpması ve enerjisinin birazını bırakması ve bunun tersinin olmaması, istatistiksel olarak daha yüksek bir olasılıktır. Enerji çarpışmalar sırasında korunur ama rastlantıyla çok sayıda çarpışma olduğunda az çok eşit oranlarda dağılmaya eğilim gösterir. Böylece temas halindeki nesnelerin sıcaklığı da eşitlenmeye eğilim gösterir. Soğuk bir nesneyle temas eden sıcak bir nesnenin daha da ısınması olanaksız değildir: Yalnızca olasılığı son derece düşüktür.

Fiziksel düşüncelerin merkezine *olasılık* düşüncesinin oturtulması, hatta ısı dinamiğinin temellerini açıklamak için kullanılması, başta saçma görüldü. Sıklıkla olduğu gibi, kimse Boltzmann'ı ciddiye almadı. Sonunda fikirlerinin doğruluğunun herkes tarafından kabul edildiğini göremeden, 5 Eylül 1906'da Trieste yakınlarında Duino'da kendini asarak intihar etti.

Peki ama olasılık, fiziğin merkezine nasıl girdi? İkinci derste kuantum mekaniğinin, her bir küçük parçacığın hareketinin rastlantıyla gerçekleştiğini öngördüğünü anlatmıştım. Olasılığı sahneye çıkaran budur. Ama Boltzmann'ın söz ettiği, ısıyla ilgili olan olasılığın kaynağı farklıdır ve kuantum mekaniğinden bağımsızdır. Termodinamikte rol alan olasılık, bir anlamda *bilgisizliğimize* bağlıdır. Bir şey hakkında tam anlamıyla bilgi sahibi olmayabilirim ama bir şeye yüksek ya da düşük olasılık değeri verebilirim. Örneğin yarın burada, Marsilya'da yağmur mu yağacak, güneş mi açacak, kar mı yağacak bilmem ama ağustos ortasında Marsilya'da kar yağması olasılığı düşüktür. Fiziksel nesnelerle ilgili olarak da durumlarıyla ilgili bir şeyler biliriz ama her şeyi değil, yalnızca olasılıklara dayanan öngörülerde bulunabiliriz. İçi hava dolu küçük bir balon düşünün. Onun biçimini, hacmini, basıncını, sıcaklığını ölçebilirim. Ama balonun içindeki hava molekülleri hızla hareket eder, ben de her birinin

tam konumunu bilemem. Bu benim balonun kesin olarak nasıl davranacağını öngörmeme engel olur. Örneğin ağzını kapatan düğümü çözüp onu serbest bırakırsam, gürültüyle sönecek ve benim için öngörülemez biçimde oraya buraya çarparak uçacaktır. Balonun yalnızca biçimini, hacmini, basıncını, sıcaklığını bilen benim için öngörülemez biçimde... Balonun oraya ya da buraya çarpması, içindeki moleküllerin konumlarının ayrıntılarına bağlıdır ki ben de bunları bilmem.

Her şeyi kesin olarak öngöremesem de bir şeyin şöyle ya da böyle olabileceğiyle ilgili olasılığı öngörebilirim. Örneğin balonun pencereden dışarı uçup, aşağıdaki deniz fenerinin çevresinde bir tur atarak başlangıç noktasına, ellerime geri dönmesi olasılığı çok düşüktür. Bazı davranışlar daha olasıdır, bazılarının olasılığı daha düşüktür. Moleküllerin çarpışması sırasında ısının daha sıcak cisimden daha soğuk cisme geçme olasılığı hesaplanabilir ve ısının geri dönme olasılığından çok daha fazla olduğu sonucunu verir.

Fiziğin bu tür şeyleri açıklığa kavuşturan dalına istatistiksel fizik denir, Boltzmann'dan bu yana istatistiksel fiziğin en büyük başarılarından biri, ısının ve sıcaklığın davranışının, yani termodinamiğin kökeninin temelinde olasılığın olduğunun anlaşılmasıdır.

Bilgisizliğimizin dünyanın nasıl davrandığıyla ilişkili olduğu düşüncesi ilk bakışta mantıksız görünür: Soğuk kaşığın sıcak çayın içinde ısınması ya da balonun serbest bırakıldığında oraya buraya uçması benim neyi bildiğimden ya da bilmediğimden bağımsız olarak gerçekleşir. Neyi bilip bilmediğimin dünyayı yöneten yasalarla ne gibi bir ilişkisi olabilir? Bu haklı bir sorudur, yanıtı da inceliklidir. Kaşık da balon da, onlar hakkında bildiklerimizden tamamen bağımsız biçimde, fizik yasalarına uyarak davranmaları gerektiği gibi davranır. Hareketlerinin ön-

görülebilirliği veya öngörülemezliği onların kesin durumlarını ilgilendirmez. Bizim etkileştiğimiz kısıtlı özellikleriyle ilişkilidir. *Bu* özellik sınıfı *bizim* kaşıkla ve balonla etkileşime girme biçimimize bağlıdır. Dolayısıyla olasılık, cisimlerin değişimiyle ilgili değildir. Başka cisimlerle etkileştiklerinde, cisimlerin özellik alt sınıflarının değerlerinin değişimiyle ilgilidir. Bir kez daha doğanın, bizim dünyayı düzene sokmak için kullandığımız kavramlarla ilişkili olduğu ortaya çıkar.

Soğuk kaşık sıcak çay içinde ısınır çünkü çay ve kaşık bizimle yalnızca, mikro ölçekteki durumlarını (örneğin sıcaklıklarını) belirleyen sayısız değişken arasından, çok az sayıdaki değişken aracılığıyla etkileşimde bulunur. *Bu* değişkenlerin değeri, gelecekteki davranışı kesin olarak öngörmeye yeterli değildir (balon örneğindeki gibi) ama kaşığın çok yüksek olasılıkla ısınacağını tahmin etmek için yeterlidir.

Bu incelikli bölümde okurun dikkatini dağıtmadığımı umarım.

20. yüzyıl boyunca termodinamik, yani ısı bilimi ve istatistiksel mekanik, yani farklı hareketlerin olasılığını inceleyen bilim, elektromanyetik alanlara ve kuantum olaylarına da uygulanmıştır.

Bununla birlikte çekim alanına uyarlanmaları çok zor olmuştur. İçinde ısı yayıldığında çekim alanının nasıl davrandığı problemi henüz çözülememiştir. Sıcak bir elektromanyetik alana ne olduğunu biliyoruz: Örneğin bir fırında, nasıl tanımlayacağımızı bildiğimiz sıcak elektromanyetik ışınım vardır. Elektromanyetik dalgalar enerji dağıtarak rastlantısal olarak titreşir, tümünü sıcak balon içindeki moleküller gibi hareket eden fotonlardan oluşmuş bir gaz gibi düşünebiliriz. Peki ama sıcak bir kütle çekim alanı nedir? İlk derste gördüğümüz gibi çekim alanı uzayın, hatta uzay-zamanın kendisidir, dolayısıyla

ısı çekim alanı içinde yayıldığında uzayın ve zamanın da titreşmesi gerekir. Ama bunu nasıl tanımlayacağımızı henüz bilmiyoruz: Elimizde sıcak bir uzay-zamanın ısıl titreşimini tanımlayan denklemler yok.

Bu tür sorular bizi zaman probleminin kalbine götürür: Öyleyse zamanın akması ne demektir?

Problem klasik fizik zamanında doğmuş, 19. yüzyıl ile 20. yüzyıl arasında felsefeciler tarafından vurgulanmıştı ama modern fizikte daha çok ağırlık kazandı. Fizik, dünyayı şeylerin "zaman değişkeni"ne bağlı olarak nasıl değiştiklerini söyleyen formüller aracılığıyla tanımlar. Ama şeylerin "konum değişkeni"ne bağlı olarak nasıl değiştiğini ya da risottonun tadının "tereyağı miktarı değişkeni"ne bağlı olarak nasıl değiştiğini söyleyen formüller yazabiliriz. Zaman "akar"mış gibi görünürken tereyağı miktarı ya da uzaydaki konum "akmaz". Bu fark nereden geliyor?

Problemi ifade etmenin bir başka yolu, kendimize "şimdi"nin ne olduğunu sormaktır. Var olan şeylerin, şimdi var olanlar olduğunu söyleriz: Geçmiş (artık) yoktur, gelecek de (henüz) var olmamıştır. Gelgelelim fizikte "şimdi" kavramına karşılık gelen bir kavram yoktur. "Şimdi"yi "burası"yla karşılaştırın. "Burası" konuşan kişinin yerini belirtir: İki farklı kişi için "burası" iki farklı yer gösterir. Bu nedenle "burası", anlamı nerede söylendiğine bağlı olan bir sözcüktür (bu tür sözcüklere teknik olarak indeksikal yani kişi özellikli sözcük denir). "Şimdi" de söylendiği ânı belirtir ("şimdi" de indeksikal bir terimdir). Kimse "buradaki" şeylerin var olurken "burada" olmayan şeylerin var olmadığını hayal dahi edemez. Öyleyse neden "şimdi" olan şeylerin var olduğunu, diğerlerinin var olmadığını söyleriz? Şimdi, "akan" ve şeyleri peş peşe "var" eden, dünyaya ait nesnel bir şey midir yoksa "burası" gibi yalnızca öznel bir şey mi?

Soru çetrefil gelebilir. Ama modern fizik bu soruyu yakıcı bir hale getirmiştir çünkü özel görelilik kuramı "şimdi" kavramının da öznel olduğunu göstermiştir. Fizikçiler ve felsefeciler tüm evren için geçerli bir şimdi düşüncesinin bir yanılsama, zamanın evrensel "akış" ınınsa işe yaramayan bir genelleme olduğu sonucuna varmıştır. Albert Einstein, yakın dostu İtalyan Michele Besso öldüğünde onun kız kardeşine dokunaklı bir mektup yazmıştı: "Michele bu garip dünyadan benden biraz önce ayrıldı. Bunun hiçbir anlamı yok. Bizim gibi fiziğe inanan insanlar, geçmiş, şimdi ve gelecek arasındaki ayrımın sürüp giden inatçı bir yanılsamadan başka bir şey olmadığını bilir."

Bir yanılsama olsa da olmasa da, zamanın bizim için "ilerlemesi", "geçmesi", "akması" durumu nasıl açıklanabilir? Zamanın akışı hepimiz için gün gibi ortadadır: Düşüncelerimiz ve sözlerimiz zaman içinde var olur, dilimizin yapısı zamana ihtiyaç duyar (bir şey ya "vardır" veya "vardı" ya da "var olacak"). Renksiz, maddesiz, hatta uzaysız bir dünya hayal edebiliriz ama zamansız bir dünya hayal etmek çok güçtür. Alman felsefeci Martin Heidegger bu "zaman içinde oturma" durumumuzu vurgulamıştır. Heidegger'in birincil unsur olarak ele aldığı zaman akışının, dünyanın tanımlamalarının arasından çıkarılması mümkün müdür?

Aralarında çok sadık Heidegger'cilerin de bulunduğu bazı felsefeciler fiziğin gerçekliğin en temel yönlerini bile tanımlayamadığı sonucuna varmış ve yanıltıcı bir bilgi yöntemi olarak onu reddetmiştir. Geçmişte pek çok kez kesin olmayan şeylerin aslında halihazırdaki sezgilerimiz olduğunu fark ettik: Bunlara sadık kalsaydık hâlâ dünyanın düz olduğunu, güneşin de onun etrafında döndüğünü düşünüyor olurduk. Sezgilerimiz sınırlı deneyimlerimiz temelinde gelişmiştir. Biraz daha uzağa bak-

tığımızda dünyanın bize göründüğü gibi olmadığını keşfederiz: Dünya yuvarlaktır ve Cape Town'da ayaklar yukarıda, başlar aşağıdadır. Ortaklaşa gerçekleştirilen akılcı, dikkatli ve zeki araştırma sonuçları yerine eldeki sezgilere güvenmek, bilgelik değildir: Köyünün dışındaki koca dünyanın hep bildiği dünyadan farklı olabileceğini reddeden bir ihtiyarın varsayımıdır.

İyi de o halde zamanın akışıyla ilgili bu canlı deneyim nereden doğuyor?

Yanıtın işaretleri zaman ile ısı arasındaki sıkı ilişkide, geçmiş ile geleceğin yalnızca ısı akışı olması durumunda farklılaşmasında, fizikte ısının olasılıkla ilişkili olmasında ve bunların da dünyanın geri kalanıyla ilişkilerimizin gerçekliğin ince ayrıntılarını ayırt etmemesine bağlı olmasında bulunabilir.

Zamanın akışı elbette fizikten doğar ama nesnelerin kesin durumlarının tanımlamaları bağlamında değil. Daha çok istatistik ve termodinamik çerçevesinde ortaya çıkar. Zaman gizeminin anahtarı bu olabilir. Nesnel bir "burası" olmadığı gibi nesnel bir "şimdi" de yoktur ama dünyadaki mikroskobik etkileşimler, yalnızca sayısız değişkenler aracılığıyla etkileşimde bulunan (örneğin bizim gibi) bir sistem için zamana ilişkin olaylar ortaya çıkarabilir. Hafızamız ve bilincimiz, zaman içinde değişmez olmayan bu istatistiksel olaylar üzerinde yapılanır. Her şeyi görebilen, çok keskin varsayımsal bir göz için "akan" bir zaman olmayacak, evren de geçmiş, şimdi ve gelecekten oluşan bir bütün olacaktır. Ama biz bilinçli yaratıklar dünyanın yalnızca soluk bir imgesini gördüğümüz için zaman içinde otururuz. Editörümün sözlerini ödünç alacak olursam: "Görünmeyen, görünenden çok daha büyüktür." Zamanın aktığı yönündeki algımız dünyanın bu bulanık görüntüsünden doğar.

Açık mı? Hayır. Daha anlamamız gereken çok şey var.

Problemin çözümü için bir ipucu, ciddi sağlık sorunlarının bir tekerlekli sandalyeye bağlanmasına ve konuşmasını engellemeye neden olmasına karşın üst düzey fizik yapmaya devam etmeyi başarmış olmasıyla ünlü İngiliz fizikçi Stephen Hawking'in tamamladığı bir hesaplamadan elde edilir.

Hawking kuantum mekaniğini kullanarak kara deliklerin her zaman "sıcak" olduklarını göstermeyi başarmıştır. Bir soba gibi etraflarına ısı yayarlar. Bir "sıcak uzay"ın ne olduğuna dair ilk somut ipucu budur. Bugüne dek kimse bu ısıyı gözlemlememiştir çünkü gökyüzünde gördüğümüz gerçek kara delikler için yeterince güçlü değildir, ama Hawking'in hesaplamaları ikna edicidir, farklı biçimlerde tekrarlanmıştır, kara deliklerin ısısı da genelde gerçek olarak kabul edilir.

Bu kara delik ısısı, çekimsel özellikte bir cisim olan kara delik üzerindeki bir kuantum etkisidir. Bir kara deliğin yüzeyini ısıtan ve kara deliklerin ısısını yaratan şey, titreşen tekil uzay kuantası, uzayın temel parçacıkları, "molekülleri"dir. Ama bu olay aynı zamanda istatistiksel mekaniği, genel göreliliği ve termodinamiği de işin içine sokar. Yapbozun üç parçasından ikisini birleştiren kuantum çekimi hakkında belki bir şeyler anlamaya başladıysak da yine de elimizde dünyaya ilişkin temel bilgimizin her üç parçasını da bir araya getirebilen bir kuram parçası yoktur, bu olayın neden olduğunu da tam olarak anlamıyoruz.

Kara deliklerin ısısı, fiziğin üç farklı dilinde –kuantum, kütle çekim ve termodinamik dillerinde– yazılmış ve zamanın akışının gerçekten ne olduğunu anlamamız için çözülmeyi bekleyen bir Rosetta Taşı'dır.

BİTİRİRKEN

BİZ

Uzayın derin yapısından tanıdığımız evrenin sınırlarına dek uzaklara gittikten sonra bu dersleri bitirmeden önce kendimize dönmek istiyorum.

Günümüz fiziğinin sunduğu bu büyük resimde, algılayan, karar veren, gülüp ağlayan insanın yeri, bizim yerimiz neresidir? Dünya, uzay ve maddenin çok kısa ömürlü kaynaşmalarından, uzay ve temel parçacıkların devasa bir yapbozundan ibaretse biz neyiz? Biz de yalnızca kuantadan ve parçacıklardan mı oluşuyoruz? O zaman hepimizin hissettiği bu bireysel varoluş, bu tekil kişilik olma duyusu nereden geliyor? O halde değerlerimiz, düşlerimiz, duygularımız, bilgilerimiz nedir? Bu uçsuz bucaksız göz kamaştırıcı dünyada biz neyiz?

Bu basit sayfalarda böyle bir soruya gerçekten yanıt vermeyi hayal bile edemem. Zor bir soru... Günümüz fiziği çerçevesinde anlamadığımız çok şey var, en az anladığımız şeylerden biri de kendimiziz. Ama bu sorudan kaçınmak ve hiçbir anlam ifade etmezmiş gibi yapmak, herhalde temel bir şeyi göz ardı etmek olur. Dünyanın bilimin ışığında nasıl göründüğünü anlatmaya giriştim, o dünyada biz de varız.

"Biz" insanlar, her şeyden önce bu dünyayı gözlemleyen bir özne, bir araya getirmeyi denediğim gerçeğin bu fotoğrafının ortak sanatçılarıyız. Bu kitabın da bir un-

suru olduğu, imgeler, araçlar ve bilgiler ilettiğimiz değiştokuş ağının bir düğüm noktasıyız. Ama aynı zamanda gördüğümüz dünyanın da ayrılmaz bir parçasıyız, dışarıdan bakan gözlemciler değiliz. Onun içinde yer alıyoruz. Ona içeriden bakıyoruz. Dağlardaki çam ağaçları ile galaksilerdeki yıldızların değiştokuş ettiği aynı ışık sinyallerinden ve aynı atomlardan oluşuyoruz.

Bilgi birikimimiz adım adım genişledikçe evrenin bir parçası, çok küçük bir parçası olduğumuzu öğrendik. Bunu geçmiş yüzyıllarda öğrendik ama daha çok geçen yüzyılda. Evrenin ortasındaki bir gezegende olduğumuzu sanıyorduk, ama değiliz. Hayvanlar ve bitkiler ailesinden farklı bir tür olduğumuzu sanıyorduk, oysa çevremizdeki tüm canlılarla aynı ataların soyundan geldiğimizi keşfettik. Kelebekler ve çam ağaçlarıyla aynı büyük büyükdedelere sahibiz. Büyüyen ve küçükken sandığının aksine dünyanın kendi etrafında dönmediğini öğrenen tek çocuklar gibiyiz. Bu çocuğun diğerleri gibi biri olduğunu öğrenmesi gerek. Başkalarının ve başka şeylerin aynasında kendimizi görerek kim olduğumuz öğreniyoruz.

Büyük Alman idealizmi döneminde Schelling, insanın doğanın zirvesini temsil ettiğini, gerçekliğin kendi bilincine vardığı en yüksek nokta olarak düşünebiliyordu. Bugün doğal yaşam üzerine bildiklerimiz ışığında bu düşünce bizi gülümsetiyor. Eğer özelsek, herkesin kendine özel olduğu kadar özeliz, kuzguna yavrusunun şahin görünmesi gibi. Doğanın geri kalanı için kesinlikle öyle değiliz. Galaksilerin ve yıldızların uçsuz bucaksız denizinde minicik ücra bir köşedeyiz, gerçekliği oluşturan biçimlerin sonsuz girişik bezemesinde pek çokları arasında küçük bir süslemeden başka bir şey değiliz.

Evrenle ilgili oluşturduğumuz imgeler içimizde, düşünce uzayımızda yaşar. Bu –sınırlı araçlarımızla yeniden oluşturmayı ve anlamayı başardığımız– imgeler ile parçası olduğumuz gerçeklik arasında sayısız filtre vardır: Bilgi-

sizliğimiz, duyularımızın ve aklımızın sınırları, özne olmamız, hatta özel özne olmamızın doğasının dayattığı koşullar gibi... Yine de bu koşullar, bunlardan yanlış bir biçimde uzayın Öklidyen doğasının, hatta Newton mekaniğinin *a priori* olarak doğru olması gerektiği çıkarımına varan Kant'ın düşündüğü gibi evrensel değildir. Türümüzün zihinsel evrimine göre *a posteriori* özelliktedir ve sürekli gelişim halindedir. Yalnızca öğrenmekle kalmaz, kavrama yapımızı aşama aşama değiştirmeyi ve öğrendiklerimize uyarlamayı da öğreniriz. Yavaş ve el yordamıyla da olsa tanımayı öğrendiğimiz şey, bizim de bir parçası olduğumuz gerçek dünyadır. Evrenle ilgili oluşturduğumuz imgeler içimizde, düşünce uzayımızda yaşar ama parçası olduğumuz gerçek dünyayı iyi kötü tanımlar. Bu dünyayı daha iyi anlayabilmek için iz sürüyoruz.

Big Bang'den ya da uzayın yapısından söz ettiğimizde yaptığımız şey, insanların yüz binlerce yıldır geceleri ateş etrafında birbirlerine anlattığı dayanaksız ve hayal ürünü öykülerin bir devamı değildir. Bir başka şeyin devamıdır: Şafağın ilk ışıklarında savanada tozlar arasında bir antilobun izlerini ararken etrafa göz gezdiren insanlarınkidir – gerçekliğin ayrıntılarını incelemek, sonra da doğrudan görmediğimiz ama izlerini sürebileceğimiz şeyleri çıkarsamaktır. Her zaman yanılabileceğimizin bilincinde olarak, dolayısıyla yeni bir iz ortaya çıktığında her an fikir değiştirmeye hazır biçimde ama yeterince ustalaşmamız durumunda dünyayı doğru anlayacağımızı ve aradığımızı bulacağımızı bilerek... Bilim işte budur.

Bu iki insani etkinlik, öyküler uydurmak ve bir şeyler bulmak için iz sürmek arasındaki karışıklık, günümüz kültürünün bir bölümünün bilimi anlamaması ve ona güvenmemesinin altında yatan nedendir. Ayrım çok incedir: Şafakta avlanan antilop, akşam öykülerindeki antilop tanrısından çok da uzak değildir. Sınırlar çok belirgin değildir. Efsaneler bilimden, bilim de efsanelerden besle-

nir. Ama bilginin bilişsel değeri kalır. Antilobu bulursak karnımızı doyurabiliriz.

Bilgimiz sonuç olarak dünyayı yansıtır. Bunu iyi ya da kötü yapar; ama yaşadığımız dünyayı yansıtır.

Biz ve dünya arasındaki bu iletişim bizi doğanın geri kalanından ayıran bir şey değildir. Dünyadaki şeyler birbirleriyle sürekli olarak etkileşir, bunu yaparken de her biri etkileştiği diğer şeylerden izler taşır: Bu anlamda birbirleriyle sürekli olarak bilgi alışverişi içindedirler.

Bir fiziksel sistemin bir başka sistem hakkında sahip olduğu bilgi ne akılla ilgilidir ne de özneldir, yalnızca fiziğin bir şeyin durumu ile bir başka şeyin durumu arasında var olduğunu belirlediği bağdır. Bir yağmur damlası, gökyüzündeki bir bulutun varlığıyla ilgili bilgi içerir, bir ışık ışını kaynaklandığı maddenin rengi hakkında bilgi taşır, bir saat günün hangi ânında olduğumuzun bilgisini taşır, rüzgâr, yakınlardaki bir fırtınanın bilgisini taşır, bir nezle virüsü burnumun zayıflığı hakkında bilgi taşır, hücrelerimizdeki DNA, benim babama benzememi sağlayan genetik kodumun bilgisini taşır, beynim de deneyimlerim sırasında biriken bilgilerle kaynar durur. Düşüncelerimizin asıl özü toplanmış, değiştokuş edilmiş, biriktirilmiş ve sürekli olarak gözden geçirilmiş çok zengin bir bilgi birikimidir.

Bununla birlikte ısıtıcımın termostatı da evimdeki sıcaklığı "hisseder" ve "tanır", bu nedenle onun hakkında bilgiye sahiptir ve ortam yeterince sıcak olduğunda ısıtıcıyı kapatır. Termostat ile sıcak olduğunu "hisseden" ve "bilen", ısıtıcıyı açmaya ya da kapamaya özgürce karar veren ve var olduğunu bilen benim aramda ne fark vardır? Doğadaki sürekli bilgi alışverişi, bizi ve düşüncelerimizi nasıl oluşturur?

Problem henüz çözülmüş değildir, çok sayıda olası güzel çözüm tartışılmaktadır. Bana göre büyük gelişmelere gebe bu konu, bilimin en ilgi çekici sınırlarından biri-

dir. Yeni aletler bugün eylem halindeki beynin etkinliklerini gözlememizi ve çarpıcı bir kesinlikle çok karmaşık ağların haritasını çıkarmamızı sağlıyor. 2014'te ilk kez bir memelinin beyninin ince (mezoskopik ölçekteki) yapısının tamamen haritalandığı haberleri duyuruldu. Bilincin öznel duyusuna denk gelebilecek yapıların matematiksel biçimlerine dair kesin düşünceler yalnızca felsefeciler değil, nörobilimciler tarafından da tartışılıyor.

Bana göre bunların en güzellerinden biri, çalışmalarını ABD'de sürdüren parlak İtalyan bilimci Giulio Tononi'ye ait. "Bütünleşik bilgi kuramı" adındaki bu kuram, bir sistemin bilinçli olabilmek için edinmesi gereken yapının nicel özelliklerini saptamaya çalışır: Örneğin uyanık (bilinçli) olduğumuzda ve rüya görmeden (bilinçsiz) uyurken fiziksel dünyada neler değiştiğini saptama yöntemidir. Bu tabii ki bir denemedir. Bilincimizin nasıl oluştuğu sorusuna verilmiş ikna edici ve genel kabul gören bir yanıt hâlâ yok ama bana öyle geliyor ki sis dağılmaya başladı.

Genellikle aklımızı karıştıran ve bizi özellikle ilgilendiren bir soru var: Davranışlarımız doğanın yasalarına uymaktan başka bir şey yapmıyorsa, karar vermekte özgür olmamız ne anlama geliyor? Özgürlük duygumuz ile dünyadaki şeylerin çalışmasını sağladığını öğrendiğimiz katı kurallar arasında bir çelişki var olamaz mı? İçimizde doğanın düzeninden kaçan ve özgür düşüncemizle onu çarpıtıp yolundan saptırmamızı sağlayan bir şey var olabilir mi?

Hayır, içimizde doğanın düzeninin dışına çıkan bir şey yok. İçimizde bir şeyler doğanın düzenine aykırı olsaydı, şimdiye dek bunu keşfetmiş olurduk. İçimizde nesnelerin doğal davranışını ihlal eden bir şey yok. Fizikten kimyaya, biyolojiden nörobilime, tüm modern bilim bunu doğrulamaktan başka bir şey yapmaz.

Karışıklığın çözümü başka bir yerdedir: Özgür olduğumuzu söylediğimizde, ki gerçekten olabiliriz, bu, dav-

ranışlarımızın dış unsurların zorlamasıyla değil, kendi içimizde, beynimizde olanlar tarafından belirlendiği anlamına gelir. Özgür olmak, davranışlarımızın doğanın yasaları tarafından belirlenmediği anlamına gelmez. Beynimizde etkin olan doğa yasaları tarafından belirlendiği anlamına gelir. Özgür kararlarımız beynimizdeki milyarlarca nöron arasındaki çok kısa süreli ve çok zengin etkileşimlerin sonuçlarına bağlı olarak özgürce belirlenir: Kararlarımız, onları belirleyen nöronların bu etkileşimi var olduğu zaman özgür olur.

Bu, karar verdiğimde karar verenin "ben" olduğum anlamına mı geliyor? Evet, elbette, çünkü "benim", nöron bileşimimin yapmaya karar verdiği şeyden farklı bir şey yapıp yapamayacağımı sorgulamak saçma olurdu: Hollandalı felsefeci Baruch Spinoza'nın 17. yüzyılda müthiş bir sağduyuyla anladığı gibi, bu ikisi aynı şeydir. "Ben" ve "beynimdeki nöronlar" diye iki ayrı şey yoktur. İkisi aynıdır. Bir birey, karmaşık ama sıkı sıkıya bütünleşik bir süreçtir.

İnsan davranışının öngörülemez olduğunu söylediğimizde gerçeği dile getirmiş oluruz çünkü özellikle de bizim tarafımızdan öngörülebilmek için çok karmaşıktır. Güçlü içsel özgürlük duygumuz, Spinoza'nın keskin bir biçimde gördüğü gibi, kendimizle ilgili düşünce ve imgelerin, içimizde olup bitenlerin karmaşıklığıyla karşılaştırıldığında son derece daha kaba hatlı ve soluk olmasından kaynaklanır. Kendimiz için bir şaşkınlık kaynağıyız. Beynimizde yüz milyar nöron vardır, bir galaksideki yıldızların sayısı kadar; bunlar arasında kurulabilecek bağlantıların ve kombinasyonların sayısı daha da astronomiktir. Tüm bunların bilincinde değiliz. "Biz", bilincinde olduğumuz pek az şey değil, bu karmaşıklığın oluşturduğu bir süreciz. Karar veren "ben" ile, kendine aynada bakarak, kendi kendini dünyada temsil ederek, kendinin dünyada yer alan değişken bir bakış açısı olduğunun far-

kına vararak, bilgiyi yöneten ve simgeler yaratan muhteşem yapının, yani beynimizin –hiç de tam olarak anlamadığımız ama ancak biraz biraz anlamaya başladığımız bir biçimde– yarattığı "ben" aynıdır.

Karar veren "benim" duygusuna sahip olduğumuzda bundan daha doğru bir şey söz konusu olamaz: Ya başka kim olacaktı? Spinoza'nın savunduğu gibi, ben bedenim ile beynimde ve yüreğimde sınırsız ve benim için çözülmez bir karışıklığa sahip olan olaylardan ibaretim.

Dünyanın, bu sayfalarda anlattığım bilimsel imgesi, bu nedenle kendi kendimizi hissetmemizle çelişmez. Ahlaki ve psikolojik açıdan düşüncelerimizle, duygularımızla ve duyularımızla çelişki içinde değildir. Dünya karmaşıktır, biz de her biri onu oluşturan farklı süreçlere uygun farklı dillerle anlamaya çalışırız. Her karmaşık süreç, farklı düzeylerde farklı dillerle ele alınıp anlaşılabilir. Farklı diller birbirleriyle kesişir, birleşir ve süreçler gibi onlar da birbirlerini zenginleştirir. Psikoloji araştırmaları beynimizin biyokimyasının anlaşılmasıyla daha incelikli hale gelir. Kuramsal fizik, yaşamımızı yönlendiren tutkular ve duygulardan beslenir.

Ahlaki değerlerimiz, duygularımız ve aşklarımız, doğanın bir parçası olduğumuz, onları hayvanlar dünyasıyla paylaştığımız ya da türümüzün milyonlarca yıllık evrimi tarafından belirlenmiş oldukları için daha az gerçek değildir. Tam tersine, bu nedenle daha somutturlar: Çünkü gerçektirler. Gerçekliğimiz, gözyaşı ve kahkaha, minnettarlık ve özgecilik, sadakat ve ihanet, peşimizi bırakmayan geçmiş ve huzurdur. Gerçekliğimiz toplumlarımız tarafından, müzik duygusu tarafından, hep birlikte oluşturduğumuz ortak bilgi dağarcığımızın birbirleriyle kesişen zengin ağları tarafından yaratılmıştır. Tüm bunlar tanımladığımız doğanın bir parçasıdır. Doğanın ayrılmaz bir parçasıyız, sayısız farklı ifadelerinden biriyle, biz

doğayız. Dünyadaki şeyler hakkında gittikçe artan bilgi birikimimizin bize öğrettiği şey budur.

Bizi özellikle insani kılan şeyler doğadan ayrılmış olduğumuz anlamına gelmez, bu bizim doğamızdır. Doğanın, burada, bizim gezegenimizde parçaları arasında birleşimler, etkileşimler ve karşılıklı ilişki ve bilgi değiştokuşunun sonsuz oyununda aldığı bir biçimdir. Kim bilir evrenin sınırsız uzayında, bizim için hayal dahi etmenin olanaksız olduğu ne kadar çok olağanüstü karmaşıklık vardır... Yukarıda o kadar büyük bir uzay var ki, çok sıradan bir galaksinin bu ücra köşesinde özel bir şeyler olduğunu düşünmek çocukça olur. Dünyada yaşam, evrende neler olabileceğinin tadımlık küçük bir örneğinden başka bir şey değildir. Ruhumuz da bir başkası...

Türümüz en azından on iki meraklı türün oluşturduğu bir grup türden ("Homo cinsi"nden) geriye kalan meraklı bir türdür. Grubun diğer türlerinin soyu tükenmiştir; Neandertaller gibi bazıları çok kısa süre önce yok olmuştur: Yaklaşık otuz bin yıl önce. Afrika'da evrilmiş, hiyerarşik ve kavgacı şempanzelere yakın ama barışsever, neşeyle çokeşli ve eşitlikçi küçük şempanzeler olan bonobolarla daha yakın akraba olan bir tür grubudur. Yeni dünyalar aramak için defalarca Afrika'dan çıkıp Patagonya'ya, hatta aya kadar giden bir türdür. Doğaya rağmen meraklı değiliz, merak doğamızda var.

Türümüz belki de bu merak dürtüsüyle yüz bin yıl önce Afrika'dan yola çıktı ve hep daha uzaklara bakmayı öğrendi. Bir gece Afrika üzerinde uçarken, bu uzak atalarımızdan birinin ayağa kalkıp kuzeyin açık alanlarına yürümeye başladığında, gökyüzüne bakıp uzak bir torununun o gökyüzünde uçacağını, onunla aynı merakla nesnelerin doğasını sorgulayacağını hayal edip edemeyeceğini merak emiştim.

Türümüzün çok uzun süre yaşayacağını sanmıyorum. Değişmeden, bizim varlığımızdan yüzlerce kez da-

ha fazla, yüzlerce milyon yıl boyunca yaşamaya devam eden kaplumbağalarla aynı kumaştan değilmişiz gibi görünüyor. Kısa ömürlü bir cins sınıfına aitiz. Kuzenlerimizin hepsinin soyu tükendi. Üstüne üstlük çevremize zarar da veriyoruz. Tetiklediğimiz iklim ve çevre değişiklikleri çok vahşiceydi, zarar görmememiz zor görünüyor. Dünya için önemsiz bir ayrıntı olacaktır ama özellikle de kamuoyunun ve politikacıların tehlikeleri görmezden gelmeyi tercih etmesi ve kafalarını kuma gömmeleri nedeniyle, bunları hasarsız atlatabileceğimizi sanmıyorum. Herhalde dünya üzerinde kendi bireysel ölümünün kaçınılmazlığının farkında olan tek tür biziz: Korkarım kısa süre içinde kendi ortak sonunun, ya da en azından uygarlığının sonunun geldiğini bilinçli olarak görecek bir tür olmamız gerekecek.

Kendi ölümümüzü iyi kötü karşılamayı bildiğimiz gibi, uygarlığımızın çöküşüyle de başa çıkabileceğiz. Arada çok fark yok. Şüphesiz çöken ilk uygarlık da bu olmayacak. Mayalar ve Giritliler çoktan geçmişte kaldı. Yıldızlar gibi biz de, gerek bireysel olarak, gerek topluca doğup ölüyoruz. Bu bizim gerçekliğimiz. Bizim için yaşam, tam da çok kısa olması nedeniyle çok değerli. Çünkü, Lucretius'un yazdığı gibi, "Yaşam iştahımız doymak bilmez, yaşam susuzluğumuz doyumsuzdur"[1] (*De Rerum Natura*, III, 1084).

Ama bizi yaratan ve yönlendiren bu doğa içine dalmış durumda, evsiz barksız, iki dünya arasında kalmış, doğanın yalnızca kısmen parçası olan, bir başka şeyin özlemini çeken varlıklar değiliz. Hayır: Kendi evimizdeyiz.

Doğa bizim yuvamız, biz de doğada kendimizi evimizde hissederiz. Uzayın tanecikli olduğu, zamanın ol-

1. "... hoşnut olmayan, / Doymak nedir bilmeyen bir ruhu..." Lucretius, *Evrenin Yapısı*, III, 1016-1017, çev. Tomris Uyar ve Turgut Uyar, Hürriyet Yayınları, İstanbul, 1974, s. 123. (Ç.N.)

madığı, nesnelerin herhangi bir yerde olabildiği, araştırdığımız bu garip, çok renkli ve hayret verici dünya, bizi kendimize yabancılaştıran bir şey değildir: Yalnızca doğal merakımızın bize yuvamızla ilgili gösterdiği şeydir. Bizim yapılmış olduğumuz dokuyla ilgili bir şey... Her şey gibi biz de yıldız tozundan yapıldık ve gerek acılar içinde olduğumuzda, gerek gülüp neşe saçtığımızda olabileceğimiz tek şey olmaktan başka bir şey yapmayız: dünyamızın bir parçası olmak.

Lucretius bunu nefis sözcüklerle dile getirir:

Üstelik göğün dölünden geliyoruz hepimiz,
Babamız birdir ve besleyici anamız; ondan alır
Su damlalarını sağanaklar halinde, ve
Döllenince, güleç yemişler verir gür ağaçlar
İnsanoğlunu, bütün hayvan soylarını türetir.
Beslendikleri ondandır, sevinçleri ondan,
Ondandır soylarını yenilemeleri[1]

Doğamız gereği sevgi doluyuz ve dürüstüz. Yine doğamız gereği daha çok şey bilmek istiyoruz. Öğrenmeye de devam ediyoruz. Dünya hakkındaki bilgilerimiz artmaya devam ediyor. Öğrendiğimiz yerlerde sınırlar var, biz de öğrenme tutkusuyla yanıp tutuşuyoruz. Bunlar uzay dokusunun en küçük derinliklerinde, evrenin kökeninde, zamanın doğasında, kara delik olaylarında ve kendi düşünce süreçlerimizde bulunuyor.

Burada, bildiklerimizin güvertesinde, bilinmezler okyanusuyla temas içinde dünyanın gizemi ile güzelliği parıldıyor ve nefesimizi kesiyor.

1. Age., II, 990-996, s. 83-84. (Ç.N.)

DİZİN

A

Afrika 66

Anaksimandros 28

Annalen der Physik 13

Aristoteles 29, 30

atom 13, 23, 35, 36, 38, 41, 43, 46, 49, 50, 51, 60

B

Beethoven 19

Besso 55

Big Bang 18, 47, 61

Big Bounce (büyük sekme) 47

Bohr, Niels 23, 25, 26, 27

Bologna 14

Boltzmann, Ludwig 49, 50, 51, 52

bonobo 66

boş, boşluk 15, 36

C-Ç

Calabria 14, 18

Cape Town 56

CERN 36

Condofuri 14

Copernicus 30

çekim dalgaları 18, 41

çekirdek 35

D

Dante 29

Darwin, Charles 22

Dirac, Paul 38

DNA 62

Duino 51

E

Einstein, Albert 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 35, 38, 42, 55

F

Faraday, Michael 15, 22, 36

Feynman, Richard Phillips 37

foton, fotonlar 22, 23, 25, 35, 36, 38, 53

G

galaksi 31, 32, 33, 38, 39, 60, 64, 66,

Galilei, Galileo 42

Gauss, Friedrich Carl 16

Gell-Mann, Murray 35, 37

Giritliler 67

gluon 35

H

Hawking, Stephen 57

Heidegger, Martin 55

Heisenberg, Werner 23, 24

Higgs bozonu 36, 37

Hubble teleskobu 31

I-İ

ısı 11, 17, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 56, 57

iklim ve çevre değişiklikleri 67

J

Joyce, James 35

K

kalorik 49

Kant, Immanuel 13, 61

kaplumbağalar 67

kara delikler 11, 17, 32, 41, 45, 46, 49, 57, 68

Kepler, Johannes 42

kozmik artalan yayılımı 18

kuarklar 35

L

Landau, Lev 14

Laplace, Pierre-Simon de 36

loop (döngü) kuramı 43, 47

loop (döngüsel) kuantum çekimi 43, 48

Lucretius 67, 68

M

Marsilya 51

Maxwell, James 15, 36, 42, 49

Mayalar 67

molekül 44, 49, 51, 52, 53, 57

Mozart, Wolfgang Amadeus 14

N

Neandertaller 66

nebulalar 31

Newton, Isaac 14, 15, 16, 23, 36, 42, 61

nötrino 36, 38

nötronlar 35

O-Ö

olasılık 24, 39, 47, 49, 50, 51, 53, 56

Öklidyen 61

özel görelilik 13, 55

P

Parmenides 29

Patagonya 66

Planck, Max 21, 22

Planck yıldızı 46

protonlar 35

Pythagoras 29

R

renormalizasyon 37

Riemann, Bernhard 16, 17, 19

Rosetta Taşı 57

Rubbia, Carlo 37

S-Ş

Spinoza, Baruch 64, 65

standart model 37, 38, 39

SU (5) 38, 39

şempanze 66

T

temel parçacıklar 11, 27, 35, 36, 37, 39, 41, 57, 59

termodinamik 51, 53, 56, 57

Trieste 51

U

uzay atomları 43

Z

Zürih 13